

Organisches, elektro-optisches Element mit erhöhter
Auskoppeleffizienz

Die Erfindung betrifft allgemein elektro-optische Elemente,
5 sowie Verfahren zu deren Herstellung. Insbesondere betrifft
die Erfindung ein organisches elektro-optisches Element mit
erhöhter Auskoppeleffizienz, sowie ein Verfahren zu dessen
Herstellung.

10 Organische lichtemittierende Dioden (OLEDs) können bereits
mit sehr guten internen Quanteneffizienzen (Anzahl Photonen
pro injiziertes Elektron) hergestellt werden. So sind
bereits OLED-Schichtstrukturen mit internen
Quanteneffizienzen von 85% bekannt. Jedoch wird die
15 Effizienz von OLEDs deutlich durch Auskoppelverluste
herabgesetzt. An den vorhandenen Grenzflächen von
aneinandergrenzenden Medien mit unterschiedlichen
Brechungsindizes treten Reflexionsverluste auf.
Insbesondere ergibt sich ein besonders hoher
20 Brechungsindexsprung bei der Auskopplung von Licht an der
Oberfläche der OLED und beim Eintritt in das
Trägersubstrat. Dieser Brechungsindexsprung führt zur
Totalreflexion von Licht, welches vom Inneren der OLED her
kommend unter einem Winkel auf die Grenzfläche trifft, der
25 größer als der Grenzwinkel ist. Dies wiederum reduziert den
Raumwinkel, unter welchem die Strahlung ausgekoppelt werden
kann. So gilt für den Bruchteil η der auskoppelbaren
Strahlung die Näherung:

30 $\eta \approx 0.5 \cdot n^2,$

wobei n den größten Brechungsindex der einzelnen Schichten der OLED bezeichnet.

Im allgemeinen umfaßt eine OLED eine organische,
5 elektrolumineszente Schicht, deren Licht durch eine transparente, leitfähige Elektrodenschicht, z.B. aus Indium-Zinn-Oxid (ITO), und einen transparenten Träger, wie insbesondere einen Glasträger, eine Glaskeramik oder Polymerfolie mit vorzugsweiser Barrierebeschichtung
10 ausgekoppelt wird. Typische Werte für die Brechungsindizes sind dabei $n=1,6 - 1,7$ für die organische, elektrolumineszente Schicht, $n=1,6 - 2,0$ für die ITO-Schicht, $n \approx 1,5$ für das Trägermaterial und $n \approx 1,0$ für die umgebende Luft. Hohe Reflexionsverluste treten somit an
15 beiden Grenzflächen des Trägers auf.

Zur Lösung dieses Problems wurden verschiedene Wege bestritten. In der US 2001/0055673 A1 wird beispielsweise vorgeschlagen, auf ein flaches Substrat eine beidseitige,
20 mehrlagige Interferenzschicht aufzubringen.

In der US 2002/0094422 A1 wird ferner eine OLED offenbart, bei welcher zwischen der transparenten ITO-Elektrodenschicht und dem Substrat eine Zwischenschicht
25 angeordnet ist, die einen variierenden Brechungsindex aufweist, wobei der Brechungsindex an den Grenzflächen der Zwischenschicht jeweils den Brechungsindex der angrenzenden Materialien hat.

30 Weiterhin besteht die Möglichkeit, periodische Strukturen herzustellen. Hier wurde unter anderem versucht, die Auskoppelleffizienz mittels "Distributed Feedback"-Gittern oder Strukturen mit zweidimensionaler photonischer Bandlücke zu verwenden. Eine derartige Anordnung wird

beispielsweise in "A high-extraction-efficiency
nanopatterned organic light emitting diode", Appl. Phys.
Lett. Vol. 82 Num. 21, 3779 ff. beschrieben. Ebenso wurde
eine quasiperiodische Anordnung von SiO₂-Kugeln auf dem
5 Glasträger getestet. Periodische Strukturen weisen jedoch
deutliche dispersive Eigenschaften auf, so daß sie die
spektrale Zusammensetzung des ausgekoppelten Lichts,
insbesondere auch richtungsabhängig ändern. Zudem erfordert
die Herstellung solcher Schichten zusätzliche
10 Arbeitsschritte mit erheblichem Aufwand.

Auch mikrooptische Elemente, wie Linsen oder auf die OLED-
Strukturen aufgesetzte Kegelstümpfe sind bekannt. Hierbei
ergibt sich aber das Problem, daß diese Strukturen nur dann
15 wirksam sind, wenn die aktive Fläche des OLED kleiner als
der dieser Fläche zugeordnete Oberflächenteil ist. Somit
wird zwar die Auskoppelleffizienz erheblich erhöht, jedoch
wird gleichzeitig die lichtemittierende Fläche der OLED
erniedrigt, so daß auf diese Weise keine wesentliche
20 Steigerung der Gesamthelligkeit erreicht wird. Diese
Lösungen des Problems sind daher allenfalls geeignet, um
eine höhere Leuchtdichte bei Pixeldisplays zu erreichen,
bei denen ohnehin nicht leuchtende Zwischenräume zwischen
den einzelnen OLED-Strukturen vorhanden sind.

25 Als weitere Möglichkeit wurde der Einsatz niedrigbrechender
Zwischenschichten erprobt. Insbesondere wurden dazu
Aerogel-Zwischenschichten getestet. Diese Lösung schafft
eine deutliche Steigerung der Auskoppelleffizienz. Hier
30 jedoch besteht ein Nachteil in der Empfindlichkeit der
OLED-Struktur gegenüber chemischen Umgebungseinflüssen.
OLEDs degradieren im allgemeinen unter Einwirkung von
Wasser oder Sauerstoff sehr schnell. Die porösen OLED-
Schichten besitzen jedoch nur wenig Barrierewirkung

gegenüber solchen reaktiven Substanzen. Aerogele können sogar wie ein Schwamm wirken, welcher bereits bei der Herstellung der OLED degradierende Substanzen aufnimmt und speichert und diese anschließend an die Schichtstruktur der OLED abgibt. Obwohl eine derart hergestellte OLED also
5 besonders hohe Auskoppelleffizienzen zeigt, ist sie für OLEDs mit langer Lebensdauer nur schlecht geeignet.

Diese bisher bekannten Anordnungen zur Erhöhung der Auskoppelleffizienz sind entweder vergleichsweise aufwendig
10 zu realisieren oder haben andere Nachteile, wie etwa eine Beeinträchtigung der Lebensdauer.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein organisches elektro-optisches Element mit erhöhter Auskoppelleffizienz zu schaffen, welches in einfacher Weise herstellbar ist und dessen Lebensdauer nicht durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Auskoppelleffizienz beeinträchtigt wird. Diese Aufgabe wird bereits in höchst überraschend einfacher Weise durch
20 ein organisches, elektro-optisches Element, sowie einem Verfahren zur Herstellung eines organischen, elektro-optischen Elements gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweiligen abhängigen Ansprüche.

25 Dementsprechend umfaßt ein erfindungsgemäßes organisches, elektro-optisches Element ein Substrat und zumindest eine elektro-optische Struktur, welche eine aktive Schicht mit zumindest einem organischen, elektro-optischen Material
30 umfaßt, wobei das Substrat zumindest eine Entspiegelungsschicht mit wenigstens einer Lage aufweist, und wobei die Lage der Entspiegelungsschicht eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für welche die integrale Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht
35 für unter allen Winkeln von der aktiven Schicht ausgehende

Lichtstrahlen und für eine Wellenlänge im Spektralbereich des emittierten Lichts minimal ist, oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das
5 Minimum der integralen Reflektivität ist.

Die integrale Reflektivität ist dabei die über alle Emissionswinkel von Lichtstrahlen, die von der aktiven Schicht ausgehen, integrierte Reflektivität an den
10 Grenzflächen der Entspiegelungsschicht.

Unter dem Minimum der integralen Reflektivität wird außerdem der minimale Wert der integralen Reflektivität verstanden, der bei einer Variation der Werte für
15 Brechungsindex und Schichtdicke der Entspiegelungsschicht, beispielsweise im Falle einer einlagigen Schicht, für die Entspiegelungsschicht unter sonst unveränderten Bedingungen erreichbar ist. Hierbei kann der Schichtbrechwert gemäß einer Ausführungsform der Erfindung dispersionsfrei und
20 uniform über die gesamte Schichtdicke angesetzt werden.

Ein entspiegeltes Substrat, insbesondere Glassubstrat mit einer Entspiegelungsschicht mit wenigstens einer Lage, welche eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für
25 welche die integrale Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht für unter allen Winkeln in der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen minimal ist oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist, kann als Träger für ein
30 organisches, elektro-optisches Element, wie insbesondere einer organischen, lichtemittierenden Diode, aber selbstverständlich auch als Träger oder Aufsatz für andere lichtemittierende Einrichtungen verwendet werden.

Weiterhin kann ein mit einer erfindungsgemäßen
Entspiegelungsschicht versehenes Substrat, wie etwa ein
transparentes Glas- oder Kunststoffsubstrat auch für alle
weiteren Anwendungen eingesetzt werden, bei welchen Licht
5 nicht nur unter senkrechtem Einfall auf das Substrat trifft
oder durch dieses transmittiert wird. Auch hier kann
besonders vorteilhaft bereits sogar mit einer nur
einlagigen Entspiegelungsschicht eine verbesserte
Entspiegelung erreicht werden. Selbstverständlich läßt sich
10 die Erfindung auch für diese Anwendungen aber ebenso auf
mehrlagige Entspiegelungsschichten erweitern.

Ein solches Substrat gemäß der Erfindung weist demgemäß
allgemein eine Entspiegelungsschicht mit zumindest einer
15 Lage auf, wie sie hier speziell für elektro-optische
Elemente, insbesondere organische elektro-optische Elemente
und deren Herstellung beschrieben wird. Beispielsweise
können auch optische Einrichtungen, wie etwa optische
Komponenten, Scheiben, insbesondere Fensterscheiben für
20 Gebäude -sowohl einfache Fensterscheiben, als auch
Architekturglas-, oder Fahrzeugfenster, etwa Fenster für
Flugzeuge, Schiffe und Landfahrzeuge, ; oder auch
Beleuchtungskörper, wie Glühbirnen oder Leuchtstoffröhren
mit einer oder mehreren erfindungsgemäßen
25 Entspiegelungsschichten mit optimierter integraler
Reflektivität versehen werden. Optische Komponenten mit
erfindungsgemäßen Entspiegelungsschichten können
beispielsweise Linsen, auch Brillengläser, Prismen oder
optische Filter sein. Die Erfindung eignet sich dabei
30 insbesondere für derartige optische Einrichtungen, welche
für die Transmission von unter einem breiten Winkelbereich
aus dem Substrat austretendem oder in das Substrat
eintretendem Licht ausgebildet sind.

Durch eine Entspiegelungsschicht wird die Aus-, beziehungsweise Einkoppeleffizienz von Licht, welches durch das Substrat tritt, deutlich gegenüber einem nicht beschichteten Substrat erhöht, da durch die Entspiegelung Rückreflexionen zumindest teilweise unterdrückt werden. Erfindungsgemäß wird dabei die Schichtdicke und der Brechungsindex der Entspiegelungsschicht nicht auf senkrechte Inzidenz optimiert, was zu einer aus dem Stand der Technik bekannte Schichtdicke von einem Viertel der Lichtwellenlänge führt, sondern es werden vielmehr alle möglichen Richtungen emittierter Lichtstrahlen berücksichtigt.

Durch die erfindungsgemäße Anordnung ist es dabei möglich, bereits mit einer einfachen, einlagigen Entspiegelungsschicht die Transmission von der aktiven Schicht in das Substrat hinein und/oder beim Austritt des Lichts auf der Sichtseite des Elements um einen Faktor 2 zu erhöhen, was auch dementsprechend eine deutliche Steigerung der gesamten externen Quanteneffizienz mit sich bringt.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird dabei die Schichtdicke und der Brechungsindex der Entspiegelungsschicht so gewählt, daß das Integral der Reflektivität der Entspiegelungsschicht,

$$1) \quad I(n_1, n_2, n_3, d) = \int_0^{\pi/2} R(n_1, n_2, n_3, d, \theta) \sin(\theta) d\theta$$

minimal ist oder vom Minimalwert höchstens 25 Prozent abweicht. Dabei bezeichnen n_2 den Brechungsindex der Entspiegelungsschicht, n_1 und n_3 die Brechungsindizes der an die Entspiegelungsschicht angrenzenden Medien, θ den

Winkel des emittierten Lichts zum Lot auf die dem Emitter zugewandte Grenzfläche der Entspiegelungsschicht und d die Schichtdicke der Entspiegelungsschicht.

- 5 Für die Reflektivität $R(n_1, n_2, n_3, d, \theta)$ kann unter der Annahme gleicher Emissionswahrscheinlichkeit für TE- und TM-polarisiertes Licht, beziehungsweise für unpolarisiertes Licht angesetzt werden:

$$2) \quad R(n_1, n_2, n_3, d, \theta) = \frac{R_{TE} + R_{TM}}{2}, \text{ wobei}$$

- 10 R_{TE} und R_{TM} die Reflexionskoeffizienten für TE-, beziehungsweise TM-polarisiertes Licht sind. Für die Reflexionskoeffizienten gilt:

$$3) \quad R_{TE} = \frac{r_{12}^2 + r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23}\cos(2\beta)}{1 + r_{12}^2 r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23}\cos(2\beta)}, \text{ mit}$$

$$3a) \quad r_{12} = \frac{n_1 \cos(\alpha_1) - n_2 \cos(\alpha_2)}{n_1 \cos(\alpha_1) + n_2 \cos(\alpha_2)}, \text{ und}$$

$$3b) \quad r_{23} = \frac{n_2 \cos(\alpha_2) - n_3 \cos(\alpha_3)}{n_2 \cos(\alpha_2) + n_3 \cos(\alpha_3)}, \text{ beziehungsweise}$$

$$4) \quad R_{TM} = \frac{r_{12}^2 + r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23}\cos(2\beta)}{1 + r_{12}^2 r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23}\cos(2\beta)}, \text{ mit}$$

15

$$4a) \quad r_{12} = \frac{n_2 \cos(\alpha_1) - n_1 \cos(\alpha_2)}{n_2 \cos(\alpha_1) + n_1 \cos(\alpha_2)}, \text{ und}$$

$$4b) \quad r_{23} = \frac{n_3 \cos(\alpha_2) - n_2 \cos(\alpha_3)}{n_3 \cos(\alpha_2) + n_2 \cos(\alpha_3)}.$$

Für den Parameter β gilt weiterhin:

$$5) \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_2 d \cos(\alpha_2).$$

Der Winkel α_1 bezeichnet dabei den zum Lot auf die Grenzfläche gemessenen Winkel eines auf die Entspiegelungsschicht auftreffenden Lichtstrahls und entspricht somit dem Winkel θ . Der Winkel α_2 ist der zum
5 Lot auf die Grenzfläche gemessene Winkel des an der Grenzfläche zwischen dem Medium mit dem Brechungsindex n_1 und der Entspiegelungsschicht gebrochenen, in der Entspiegelungsschicht laufenden Lichtstrahls. Der Winkel α_3 bezeichnet ferner den Winkel des abermals an der
10 gegenüberliegenden Grenzfläche zum Medium mit dem Brechungsindex n_3 gebrochenen und in diesem Medium laufenden Lichtstrahls. Die Wellenlänge des Lichts im Vakuum ist mit λ_0 bezeichnet. Bei absorptiven Medien sind die Brechungsindizes entsprechend durch die komplexen
15 Indizes $N = n + ik$ zu ersetzen.

Sehr überraschend zeigt sich, daß eine wie vorstehend beschrieben ausgebildete Entspiegelungsschicht mit minimaler oder vom Minimum nur um höchstens 25%
20 abweichenden Reflektivität im allgemeinen sehr viel dickere Schichtdicken aufweist, als diese üblicherweise für Entspiegelungsschichten eingesetzt werden. Eine gute Antireflex-Wirkung kann bereits mit einem Substrat mit einer Entspiegelungsschicht mit zumindest einer Lage,
25 erzielt werden, bei welchem die Lage der Entspiegelungsschicht, bevorzugt bei mehrlagiger Entspiegelungsschicht auch alle Lagen der Entspiegelungsschicht eine optische Dicke von zumindest $3/8$ einer Wellenlänge des Transmissions- oder
30 Emissionsspektrums, bevorzugt sogar zumindest einer halben Wellenlänge aufweisen. Die Wellenlänge, auf welche sich diese optische Dicke bezieht, hängt dabei vorzugsweise von der jeweiligen Anwendung ab. Bei einem Substrat für ein elektro-optisches Element oder einem Beleuchtungskörper ist

diese Wellenlänge bevorzugt eine Wellenlänge des spektralen Bereichs des Emissionsspektrums, besonders bevorzugt die mittlere Wellenlänge des vom Element emittierten Spektrums oder die mittlere Wellenlänge des mit der
5 Augenempfindlichkeit gewichteten Emissionsspektrums. Bei einem Fensterglas oder einer Linse kann analog die mittlere Wellenlänge des sichtbaren Spektrums oder des mit der Augenempfindlichkeit gewichteten sichtbaren Spektrums zur Kalkulation der Lagendicke verwendet werden.

10

Allgemein ist die integrale Reflektivität von der Schichtdicke und den Brechungsindizes der Entspiegelungsschicht n_2 und denen der angrenzenden Medien, n_2 und n_3 abhängig, wobei die Brechungsindizes der
15 angrenzenden Medien durch Vorgabe des Materials festgelegt werden können. Beispielsweise kann Glas als Substrat mit einem Brechungsindex von $n_3=1,45$ und Indium-Zinn-Oxid als leitfähiges transparentes Elektrodenmaterial eingesetzt werden.

20

Es ist dem Fachmann offensichtlich, daß mit einer minimalen integralen Reflektivität an der Grenzfläche eine maximale Transmission einhergeht. Anstelle die minimale integrale Reflektivität gemäß der Beziehung 1) zu bestimmen, könnte
25 auch ebenso unter Verwendung der Beziehungen 2) bis 5) die maximale integrale Transmission für unter allen Winkeln, etwa von einem gedachten Emitter in der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen bestimmt werden, wobei für die integrale Transmission $T(n_1, n_2, n_3, d, \theta)$ gilt:

30

$$6) \quad T(n_1, n_2, n_3, d, \theta) = 1 - R(n_1, n_2, n_3, d, \theta).$$

Es ist auch von Vorteil, die Schichtdicke und den Brechungsindex der Entspiegelungsschicht so zu wählen, daß

das Integral über die mit der spektralen Intensitätsverteilung der emittierten Strahlung gewichtete Reflektivität optimiert ist. Gemäß einer Weiterbildung dieser Ausführungsform der Erfindung ist daher vorgesehen, daß die Lage der Entspiegelungsschicht eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für welche die über alle Winkel der von der aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen Intensitätsverteilung gewichtete Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum ist.

Dieses Integral $I(n_1, n_2, n_3, d)$ kann bestimmt werden durch:

$$7) \quad I(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_0^{\pi/2} S(\lambda) \cdot R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta) \sin(\theta) d\theta d\lambda$$

Für die Reflektivität $R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta)$ gelten die gleichen Beziehungen, wie für Gleichung (1), so daß zur Berechnung vorteilhaft die Gleichungen 2) - 5) eingesetzt werden können. Wird wie bei Gleichung 6 auch über einen Wellenlängenbereich integriert, so ist dann aber auch die Dispersion der Medien, beziehungsweise die Abhängigkeit der Brechungsindizes n_1, n_2, n_3 von der Wellenlänge zu berücksichtigen. Dabei bezeichnen $S(\lambda)$ die spektrale Intensitätsverteilungsfunktion, $R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta)$ die Reflektivität in Abhängigkeit von Emissionswinkel θ , Schichtdicke d und der wellenlängenabhängigen Brechungsindizes $n_2(\lambda)$ der Entspiegelungsschicht und der angrenzenden Medien, $n_1(\lambda), n_3(\lambda)$, und λ_1 und λ_2 die Integrationsgrenzen des Spektralbereiches. Mit der

spektralen Intensitätsverteilungsfunktion $S(\lambda)$ werden die Werte der Reflektivität $R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta)$ gewichtet. Die Grenzwerte λ_1 und λ_2 der Integration über die Wellenlänge können beispielsweise die Grenzen des Wellenlängenbereichs der Emission bezeichnen. Allerdings können auch engere Grenzen, beziehungsweise ein Teilspektralbereich als Integrationsgrenzen gewählt werden. Dies ist unter anderem dann sinnvoll, wenn etwa die aktive Schicht auch in Wellenlängen emittiert, für welche eines oder mehrere der eingesetzten Materialien opak sind.

In der Regel ist die extrinsische spektrale Emissionswahrscheinlichkeit leichter zu bestimmen, als die intrinsische Emissionswahrscheinlichkeit der aktiven Schicht. Diese kann aber im allgemeinen zur Bestimmung der Schichtdicke und des Brechungsindex in erster Näherung durch die extrinsische spektrale Verteilung ersetzt werden.

Mit einer derart ausgebildeten Entspiegelungsschicht kann eine optimale externe Quanteneffizienz für den von der aktiven Schicht emittierten Spektralbereich erreicht werden. Allerdings kann das Maximum der subjektiv wahrgenommenen Helligkeit von der maximal erreichbaren Auskoppelleffizienz aufgrund der spektral variierenden Augenempfindlichkeit abweichen. Dementsprechend ist gemäß einer weiteren Ausführungsform vorgesehen, daß die Lage der Entspiegelungsschicht eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für welche die über alle Winkel der von der aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen Intensitätsverteilung und der spektralen Augenempfindlichkeit gewichtete Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15

Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum ist.

5 Dieses Integral $I(n_1, n_2, n_3, d)$ kann errechnet werden durch:

8)

$$I(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d) = \int_{\lambda_1} \int_0 S(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta) \sin(\theta) d\theta d\lambda$$

Diese Gleichung entspricht bis auf die zusätzliche Multiplikation mit der spektralen Augenempfindlichkeit $V(\lambda)$
10 im Integranden der Gleichung 7).

Der Begriff eines organischen, elektro-optischen Elements umfaßt erfindungsgemäß sowohl ein organisches elektrolumineszentes, beziehungsweise lichtemittierendes
15 Element, wie eine OLED, als auch ein photovoltaisches Element, welches ein organisches Material als photovoltaisch aktives Medium aufweist. Im folgenden wird der Einfachheit halber der Begriff OLED aufgrund des äquivalenten Aufbaus auch allgemein für organische
20 lichtwandelnde Elemente, also sowohl für lichtemittierende, als auch für photovoltaische Elemente verwendet.

Als elektro-optische Struktur wird in diesem Zusammenhang die Schichtstruktur einer OLED, beziehungsweise eines
25 entsprechend aufgebauten photovoltaischen Elements verstanden. Eine solche Struktur umfaßt dementsprechend im allgemeinen eine erste und zweite leitfähige Schicht, zwischen denen eine aktive Schicht angeordnet ist, die das zumindest eine elektro-optische Material aufweist. Als
30 aktive Schichten können dabei unter anderem Schichten verwendet werden, die MEH-PPV oder auch Alq3 (Tris-(8-hydroxyquinolino)-Aluminium) als organisches, elektro-

optisches Material aufweisen. Die erste und zweite leitfähige Schicht, die als Elektroden für die elektro-optische Struktur dienen, weisen außerdem im allgemeinen unterschiedliche Austrittsarbeiten auf, so daß zwischen
5 beiden Schichten eine Austrittsarbeitsdifferenz entsteht.

Der Mechanismus der Lichterzeugung im elektro-optischen Material einer OLED basiert nach allgemeinem Verständnis dabei auf der Rekombination von Elektronen und Löchern, beziehungsweise der Rekombination von Exzitonen unter
10 Abgabe von Lichtquanten. Dazu werden bei Anlegen einer Spannung zwischen erster und zweiter leitfähiger Schicht von der Schicht mit der höheren Austrittsarbeit Elektronen in das LUMO ("Lowest Unoccupied Molecular Orbital") und von
15 der Schicht mit niedrigerer Austrittsarbeit her Löcher in das HOMO ("Highest Occupied Molecular Orbital") des elektro-optischen Material injiziert, welche dann dort rekombinieren.

20 Bei einem photovoltaischen Element läuft dieser Prozeß entsprechend umgekehrt ab, so daß zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht eine Spannung abgegriffen werden kann.

25 Bei bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung umfaßt das Substrat Glas, insbesondere Kalk-Natron Glas und/oder Kunststoff.

Um hinsichtlich der integralen Reflektivität der
30 Entspiegelungsschicht optimierte Schichtdicken und Brechungsindizes der Lagen einer mehrlagigen Schicht zu bestimmen, kann beispielsweise das Integral 1) durch rekursive Anwendung der oben angegebenen Beziehungen 2) bis
5) für die einzelnen Schichten der Entspiegelungsschicht
35 berechnet werden. Insbesondere bietet sich hier eine

numerische Berechnung an. Einschlägige Computerprogramme oder Fachbeiträge- bzw. Fachbücher zur Berechnung sind dem Fachmann bekannt.

- 5 Bei Weiterbildungen der Erfindung umfasst die
Entspiegelungsschicht mehrere Lagen, beziehungsweise ein
Mehrfachschichtsystem mit einer Kombination von hoch-,
mittel- oder niedrigbrechenden Einzelschichten. Hierzu
können vorteilhaft die aus der Vergütung optischer Bauteile
10 bekannten Schichtmaterialien, wie Titanoxid, Tantaloxid,
Nioboxid, Hafniumoxid, Aluminiumoxid oder Siliziumoxid,
aber auch Nitride, wie z.B. Magnesiumnitrid eingesetzt
werden. Aber auch weitere dem Fachmann bekannte
Beschichtungsmaterialien bzw. Kombinationen und Mischungen
15 dieser Materialien, insbesondere zur Erzeugung von
mittelbrechenden Schichten, sind zur Realisierung der
Erfindung vorzusehen.

- Im Rahmen der Erfindung liegt es auch, ein Verfahren zur
20 Herstellung eines organischen, elektro-optischen Elements
mit verbesserter Aus- und/oder Einkoppeleffizienz für
Licht, insbesondere eines organischen, elektro-optischen
Elements gemäß einer der oben erläuterten Ausführungsformen
anzugeben. Das Verfahren umfaßt dazu die Schritte:
25 - Beschichten zumindest einer Seite eines Substrats mit
einer Entspiegelungsschicht, und
- Aufbringen zumindest einer elektro-optischen Struktur,
welche zumindest ein organisches, elektro-optisches
Material umfaßt, wobei das Substrat mit einer
30 Entspiegelungsschicht beschichtet wird, die wenigstens eine
Lage mit einer Dicke und einem Brechungsindex aufweist, für
welche die integrale Reflektivität an den Grenzflächen der
Entspiegelungsschicht für unter allen Winkeln von in der
aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen und für eine
35 Wellenlänge im Spektralbereich des emittierten Lichts des

elektro-optisches Material minimal ist oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist.

- 5 Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird dabei die Schichtdicke und der Brechungsindex der Entspiegelungsschicht gemäß einer Minimierung der oben angegebenen Beziehungen 1), 7) oder 8) in Verbindung mit den Gleichungen 2) bis 5) gewählt.

10

- Zur Beschichtung mit der Entspiegelungsschicht eignen sich alle bekannten Schichtabscheidungsverfahren, wie Vakuumbeschichtungsverfahren, insbesondere physikalische Dampfphasenabscheidung ("physical vapor deposition" (PVD) oder Sputtern, chemische Abscheidungsverfahren aus der Gasphase (CVD), die thermisch oder plasmaunterstützt (PECVD) oder gepulst (z.B. PICVD) ausgeführt werden können, oder Beschichtungen aus der Flüssigphase, wie Sol-Gel-Beschichtung, Tauch-, Sprüh- oder Schleuderbeschichtung.

20

- Besonders kostengünstig und vorteilhaft für die großflächige Herstellung von elektro-optischen Elementen ist eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welcher der Schritt des Beschichtens zumindest einer Seite eines Substrats mit einer Entspiegelungsschicht den Schritt des Tauchbeschichtens des Substrats umfaßt. Durch Tauchbeschichten lassen sich effizient und kostengünstig kratzfeste und witterungsbeständige Schichten mit vielseitigen optischen Eigenschaften erzeugen.

30

- Vorteilhaft ist besonders, wenn die Entspiegelungsschicht des Substrats Titanoxid aufweist. Titanoxid weist einen hohen Brechungsindex auf und läßt sich als Schichtbestandteil in einfacher Weise mittels Tauchbeschichtung auf das Substrat aufbringen. Durch Wahl

35

des Titanoxid-Gehalts kann auch der gewünschte Brechungsindex der Entspiegelungsschicht, oder einer der Lagen der Entspiegelungsschicht bei der Herstellung eingestellt werden.

5

Bevorzugt umfaßt der Schritt des Aufbringens zumindest einer elektro-optischen Struktur außerdem die Schritte:

- Aufbringen einer ersten leitfähigen Schicht,
- Aufbringen einer aktiven Schicht, welche das zumindest

10 eine organische, elektro-optische Material umfaßt, und

- Aufbringen einer zweiten leitfähigen Schicht.

15

Um besonders effektive mehrfach enspiegelte Oberflächen oder Grenzflächen zu erhalten, ist es von Vorteil, wenn die

zumindest eine Entspiegelungsschicht mehrere Lagen aufweist, beziehungsweise wenn der Schritt des Beschichtens

zumindest einer Seite eines Substrats mit einer Entspiegelungsschicht den Schritt des Beschichtens mit

einer Entspiegelungsschicht umfaßt, welche mehrere Lagen

20 aufweist. Hierbei ist es insbesondere günstig, wenn die Lagen jeweils unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen.

25

Besonders günstig sind Entspiegelungsschichten, welche drei Lagen aufweisen. Die Rückreflexion in das Substrat kann

dabei sehr wirksam unterdrückt werden, wenn die Lagen vom

Substrat ausgehend in einer Schichtabfolge Lage mit mittlerem Brechungsindex / Lage mit hohem Brechungsindex /

Lage mit niedrigem Brechungsindex angeordnet sind. Der Schritt des Beschichtens mit einer Entspiegelungsschicht

30 welche mehrere Lagen, insbesondere drei Lagen aufweist, kann dementsprechend vorteilhaft die Schritte umfassen:

- Aufbringen einer Lage mit mittlerem Brechungsindex,
- Aufbringen einer Lage mit hohem Brechungsindex, und
- Aufbringen einer Lage mit niedrigem Brechungsindex.

Anstelle einer dreilagigen Entspiegelungsschicht, die einer dreifach-Entspiegelung entspricht, können auch Schichten der elektro-optischen Struktur selbst in die

5 Entspiegelungsschicht mit einbezogen werden. Beispielsweise kann eine ITO-Schicht der elektro-optischen Struktur an eine zweilagige Entspiegelungsschicht angrenzen um so zusammen mit diesen zwei Lagen mit entsprechen abgestimmten Brechungsindizes wiederum eine dreilagige

10 Entspiegelungsschicht zu bilden. Dementsprechend weist bei einer solchen Ausführungsform die Entspiegelungsschicht zumindest zwei Lagen auf, wobei eine der leitfähigen Schichten der elektro-optischen Struktur an die Entspiegelungsschicht angrenzt.

15

Vorteilhaft können die zumindest eine Entspiegelungsschicht und die zumindest eine elektro-optische Struktur auf derselben Seite des Substrats aufgebracht werden. Dadurch wird ein elektro-optisches Element geschaffen, bei welcher

20 Reflexionen beim Passieren des Lichts an der Grenzfläche zwischen Substrat und elektro-optischer Struktur vermindert werden. Weiterhin kann auf die so aufgebrachte Entspiegelungsschicht vor dem Auftragen der Schichten elektro-optischen Struktur zumindest eine Anpassungsschicht

25 aufgebracht werden, um eine optische Anpassung an die Brechungsindizes der elektro-optischen Struktur zu erreichen.

Die zumindest eine Entspiegelungsschicht und die zumindest

30 eine elektro-optische Struktur können jedoch auch auf gegenüberliegenden Seiten des Substrats aufgebracht werden. Bei einem so hergestellten elektro-optischen Element, bei sich die Entspiegelungsschicht auf der Seite des Substrats befindet, welcher der Seite gegenüberliegt, auf welcher die

35 zumindest eine elektro-optische Struktur aufgebracht ist,

wird eine Reflexionsunterdrückung auf der Betrachtungs- oder Lichtaustrittsseite geschaffen.

- Ist eine erfindungsgemäße Entspiegelungsschicht auf der
- 5 Seite angeordnet, auf welcher sich die elektro-optische Struktur befindet, kann es außerdem von Vorteil sein, wenn zwischen Entspiegelungsschicht und elektro-optischer Struktur zumindest eine Anpassungsschicht angeordnet ist. Die zumindest eine Anpassungsschicht, vorteilhaft auch ein
- 10 Anpassungsschicht-Stapel, beziehungsweise eine mehrlagige Anpassungsschicht kann vorteilhaft dazu dienen, die optischen Eigenschaften der Entspiegelungsschicht und der elektro-optischen Struktur besser aufeinander abzustimmen.
- 15 Insbesondere können Entspiegelungsschichten auch beidseitig auf das Substrat aufgebracht werden. Weisen beide Seiten des Substrats erfindungsgemäße Entspiegelungsschichten auf, wird eine umfangreiche Verbesserung bei der Auskopplung und/oder Einkopplung von Licht aus und in das Element
- 20 bewirkt.

- Die erfindungsgemäßen organischen, elektro-optischen Elemente, insbesondere auch OLEDs lassen sich in einfacher Weise außerdem herstellen, indem bei der Herstellung
- 25 beispielsweise bereits ein entspiegeltes Substrat mit zumindest einer erfindungsgemäßen Entspiegelungsschicht, die bezüglich der integralen Reflektivität erfindungsgemäß optimierte oder verbesserte Schichtdicke und Brechungsindex aufweist, verwendet wird. Besonders geeignet hierfür ist
- 30 unter anderem etwa die Verwendung von AMIRAN®-Glas als Substrat, wie es großflächig bereits beispielsweise für reflexionsarme Fenstergläser Anwendung findet, mit entsprechend angepaßten Schichtdicken der Lagen der Entspiegelungsschichten. Vorteilhaft kann die zumindest

eine Entspiegelungsschicht daher auch eine AMIRAN®-Beschichtung umfassen, wobei die Schichtdicken der Entspiegelungsschicht errfindungsgemäß angepaßt werden können, oder wobei eine zusätzliche erfingungsgemäß
5 ausgestaltete Entspiegelungsschicht aufgebracht wird.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfaßt ein organisches elektro-optisches Element zumindest eine elektro-optische Struktur mit einer aktiven Schicht mit
10 organischem, elektro-optischem Material, wobei zwischen Substrat und elektro-optischer Struktur eine Entspiegelungsschicht angeordnet ist, und wobei lichtstreuende Strukturen zwischen der elektro-optischen Struktur und dem Substrat vorhanden sind. Die
15 lichtstreuenden Strukturen bewirken auf überraschend einfache Weise ebenfalls wie eine hinsichtlich ihrer Dicke und Brechungsindex optimierte Schicht eine deutliche Steigerung der Aus- oder Einkoppeleffizienz gegenüber bekannten OLED-Elementen.

20 Allgemein kann ein entspiegeltes Glassubstrat mit einer Entspiegelungsschicht mit lichtstreuenden Strukturen als Träger sowohl für ein organisches, elektro-optisches Element, wie insbesondere einer organischen,
25 lichtemittierenden Diode, als auch für andere lichtemittierende Elemente, wie Halbleiterdioden oder anorganische elektrolumineszente Elemente verwendet werden.

Die lichtstreuenden Strukturen können gemäß einer
30 Ausführungsform der Erfindung in der Entspiegelungsschicht vorhanden sein. Dies läßt sich in einfacher Weise realisieren, indem beispielsweise eine Entspiegelungsschicht aufgebracht wird, die lichtstreuende Strukturen, beispielsweise in Form von Kristalliten,

Partikeln oder Einschlüssen enthält, die einen vom umgebenden Material abweichenden Brechungsindex und/oder eine abweichende Orientierung aufweisen.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, eine zusätzliche Schicht aufzubringen, welche lichtstreuende Strukturen zur Erhöhung der Auskoppelleffizienz aufweist. Diese Schicht kann beispielsweise zwischen Substrat und elektro-optischer
- 10 Struktur angeordnet sein. In vorteilhafter Weiterbildung ist die zusätzliche Schicht auf dem Substrat angeordnet oder mit dem Substrat in Kontakt, beziehungsweise wird auf dieses aufgebracht und weist einen mit dem Substratbrechungsindex im wesentlichen übereinstimmenden
- 15 Brechungsindex auf. Auf diese Weise entstehen an der Grenzfläche zwischen dieser Schicht und dem Substrat keine die Auskoppelleffizienz mindernden Reflexionen.

- Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform weist eine
- 20 strukturierte Grenzfläche zwischen Substrat und Entspiegelungsschicht lichtstreuende Strukturen auf. Eine solche Anordnung kann hergestellt werden, indem die Entspiegelungsschicht auf eine strukturierte Seite des Substrats aufgebracht wird. Im einfachsten Fall kann dazu
- 25 die Substratoberfläche auf der für die Entspiegelungsschicht vorgesehenen Seite aufgerauht werden. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann die Substratoberfläche auch mit regelmäßigen Strukturen versehen werden und die Entspiegelungsschicht auf diese
- 30 Substratseite aufgebracht werden.

- Bessere Quantenausbeuten lassen sich außerdem erzielen, wenn neben der aktiven Schicht noch weitere funktionale Schichten zwischen der ersten und zweiten leitfähigen
- 35 Schicht angeordnet werden. Als weitere funktionale

Schichten sind beispielsweise eine Lochinjektionsschicht und/oder eine Potentialanpassungsschicht und/oder eine Elektronenblockierschicht und/oder eine Lochblockierschicht, und/oder eine Loch- und/oder eine Elektronleiterschicht und/oder eine Elektroneninjektionsschicht für die Quanteneffizienz der organischen, elektro-optischen Struktur vorteilhaft, wobei diese Schichten ebenfalls wie die aktive Schicht zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht angeordnet sind.

10

Um hohe interne Quanteneffizienzen zu erreichen, ist es günstig, wenn die Schichten in der Reihenfolge Lochinjektionsschicht / Potentialanpassungsschicht / Lochleiterschicht / Elektronenblockierschicht / aktive Schicht / Lochblockierschicht / Elektronleiterschicht / Elektroneninjektionsschicht aufgebracht werden, beziehungsweise angeordnet sind. Es können auch Teile, Kombinationen oder Mehrfachverwendungen dieser Funktionalschichten, die dem Fachmann bekannt sind, eingesetzt werden.

15

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsformen und unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren detaillierter beschrieben. Dabei kennzeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder ähnliche Teile.

20

Es zeigen:

Fig. 1 bis 4 schematische Querschnitte durch Ausführungsformen erfindungsgemäßer organischer, elektro-optischer Elemente, eine Berechnung der integralen Reflektivität einer Entspiegelungsschicht für verschiedene Werte der Schichtdicke und des Brechungsindex der Entspiegelungsschicht,

30
35

- Fig. 6A und 6B Ausführungsformen elektro-optischer
Strukturen eines organischen, elektro-
optischen Elements,
Fig. 7A bis 7E Ausführungsbeispiele von
5 Entspiegelungsschichten mit
lichtstreuenden Strukturen,
Fig. 8A bis 8C Raytracing-Simulationen für verschiedene
Schichtanordnungen,
Fig. 9 bis 11 Beispiele weiterer optischer Einrichtungen
10 mit erfindungsgemäßen
Entspiegelungsschichten.

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch eine erste
15 Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektro-optischen
Elements, welches als Ganzes mit 1 bezeichnet ist. Als
Träger des Elements 1 dient ein transparentes, flaches oder
plattenförmiges Substrat 2, wobei bevorzugt Glas oder
und/oder Kunststoff als Substratmaterial verwendet wird.
20 Geeignet sind beispielsweise Substratstärken im Bereich von
10 bis 2000 Mikrometer, bevorzugt im Bereich von 50 bis 700
Mikrometern.

Auf der Seite 22 des Substrats 2 ist bei dieser
25 Ausführungsform eine elektro-optische Struktur 4
angeordnet. Die elektro-optische Struktur 4 umfaßt dabei
eine erste und eine zweite leitfähige Schicht, 41 und 42,
zwischen welchen eine aktive Schicht 6 angeordnet ist. Die
aktive Schicht 6 enthält dabei organisches, elektro-
30 optisches Material.

Zwischen dem Substrat 2 und der elektro-optischen Struktur
4 ist außerdem eine Entspiegelungsschicht 10 angeordnet,
welche Reflexionen zwischen der dem Substrat 2 zugewandten

leitfähigen Schicht 41 und der Oberfläche des Substrats 2 vermindert.

Der Brechungsindex der Entspiegelungsschicht 10 wird bevorzugt so gewählt, daß er zwischen dem Brechungsindex der angrenzenden Schichten liegt. Bei üblichen einfachen, einlagigen Entspiegelungs- oder Brechungsindex-anpassungsschichten wird im allgemeinen deren Dicke so gewählt, daß sie dem Viertel der Wellenlänge des austretenden Lichts entspricht. Für den Brechungsindex der Entspiegelungsschicht wird außerdem nach der aus dem Stand der Technik bekannten Lehre das geometrische Mittel der beiden Brechungsindex-Werte der an die Entspiegelungsschicht angrenzenden Medien als Optimum angesetzt.

Wird etwa Glas mit einem Brechungsindex von $n_3=1,53$ (bei 550 nm Wellenlänge) als Substrat 2 verwendet und Indium-Zinn-Oxid als transparente leitfähige Schicht 41 der elektro-optischen Struktur 4 mit einem Brechungsindex von $n_1=1,85$ (bei 550 nm Wellenlänge), so ergibt sich für eine gemäß der bekannten technischen Lehre konstruierte Entspiegelungsschicht ein Brechungsindex von $n_2=(1,85 \cdot 1,53)^{1/2}=1,68$ und eine für eine Wellenlänge von 550 Nanometern optimierte Dicke von 81,7 nm.

Im Unterschied dazu weist eine einlagige Entspiegelungsschicht eines erfindungsgemäßen elektro-optischen Elements 1, bei welcher die integrale Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht für unter allen Winkeln in der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen minimal ist, einen Brechungsindex und eine Schichtdicke auf, die von diesen Werten völlig abweicht. Eine Entspiegelungsschicht, die bezüglich der integralen Reflektivität erfindungsgemäß optimiert ist, weist bei

denselben Brechungsindizes von $n_1=1,85$ und $n_3=1,53$ einen Brechungsindex von $n_2=1,59$ (jeweils bei 550 nm Wellenlänge) und eine weitaus größere Schichtdicke von 260 Nanometern auf.

5

Da sich eine Schicht mit genau festgelegtem Brechungsindex und exakter Schichtdicke in einem industriellen Produktionsprozeß nicht immer ohne Schwierigkeiten realisieren lassen, können die Werte für Brechungsindex und Schichtdicke der Schicht 10 aber auch noch so weit abweichen, daß die sich aus diesen Werten ergebende integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent, bevorzugt höchstens 15 Prozent, besonders bevorzugt höchstens 5 Prozent höher als das theoretisch erreichbare Minimum der

15 integrale Reflektivität ist.

Die Werte für Brechungsindex und Schichtdicke einer Entspiegelungsschicht für ein erfindungsgemäßes Element 1 können beispielsweise durch numerische Berechnung der oben

20 in Beziehung 1) angegebenen integralen Reflektivität für jeweils eine Menge von Werten für Brechungsindex und Schichtdicke und Bestimmung des Minimalwertes der so errechneten integralen Reflektivitäten bestimmt werden.

25 Zusätzlich ist zum besseren Verständnis der Parameter in den oben angegebenen Beziehungen 1) bis 5) in Fig. 1 ein gedachter Emitter 13 in der aktiven Schicht 6 und ein von diesem Emitter ausgehender Lichtstrahl 10 eingezeichnet.

30 Wird die integrale Reflektivität der Entspiegelungsschicht 10 der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform gemäß der Beziehung 1) bestimmt, so bezeichnet der Winkel α_1 den zum Lot auf die Grenzfläche zwischen der Schicht 41 und der Entspiegelungsschicht 10 gemessenen Winkel des durch die

Schicht 41 laufenden Lichtstrahls. Der Winkel α_2 ist der zum Lot auf die Grenzfläche gemessene Winkel des an der Grenzfläche zwischen der Schicht 41 mit dem Brechungsindex n_1 und der Entspiegelungsschicht mit dem Brechungsindex n_2 gebrochenen, in der Entspiegelungsschicht laufenden Lichtstrahls. Der Winkel α_3 ist weiterhin der Winkel des im Substrat 2 laufenden, an der gegenüberliegenden Grenzfläche der Entspiegelungsschicht 10 zum Substrat 2 mit dem Brechungsindex n_3 gebrochenen Lichtstrahls.

10

Viele organische elektrolumineszente Materialien weisen keine scharfe monochromatische Emissionslinie oder ein schmalbandiges Emissionsspektrum auf, sondern emittieren vielmehr Licht mit einer spektralen Intensitätsverteilung innerhalb eines gewissen Spektralbereiches. Um hierbei hinsichtlich der Gesamthelligkeit ein gegenüber bekannten OLED-Elementen eine Erhöhung der auskoppelbaren Gesamthelligkeit zu erreichen, können der Brechungsindex und die Schichtdicke der Lage der Entspiegelungsschicht 10 außerdem so gewählt werden, daß die über alle Winkel der von der aktiven Schicht 6 ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen Intensitätsverteilung gewichtete Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht 10 minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum der gewichteten und integrierten Reflektivität ist. Dieses Integral kann gemäß Gleichung 7) errechnet und die Werte des Brechungsindex und der Schichtdicke für den minimal erreichbaren Wert des Integrals bestimmt werden.

Eine zusätzliche Verbesserung kann weiterhin erzielt werden, wenn für die Lage der Entspiegelungsschicht 10 eine

Dicke und einen Brechungsindex gewählt wird, für welche die über alle Winkel der von der aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen Intensitätsverteilung, sowie zusätzlich der spektralen Augenempfindlichkeit gewichteten Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht 10 minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum ist. Die Berechnung des Integrals kann gemäß der oben angegebenen Gleichung 8) vorgenommen werden. Aufgrund der zusätzlichen Berücksichtigung der Augenempfindlichkeit wird für den Betrachter subjektiv ein noch besseres Ergebnis bezüglich der Helligkeit des OLED-Elements 1 erreicht. Die Werte für Brechungsindex und Schichtdicke der Minima der Integrale der mit der spektralen Intensitätsverteilung oder zusätzlich mit der Augenempfindlichkeit gewichteten Reflektivitäten decken sich in aller Regel auch mit dem Minimum der integralen Reflektivität für eine einzelne Wellenlänge im Spektralbereich der emittierten Strahlung gemäß Gleichung 1), selbst wenn das emittierte Licht nicht monochromatisch ist. Allerdings kann das Minimum der integralen Reflektivität gemäß Gleichung 1) dann bei einer Wellenlänge liegen, bei der die emittierte Intensität nicht maximal ist.

In Fig. 2 ist ein Querschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen organischen, elektro-optischen Elements 1 dargestellt. Auf das Substrat 2 sind bei dieser Ausführungsform auf einer ersten Seite 21 eine erste Entspiegelungsschicht 8 und auf einer zweiten Seite 22 eine zweite Entspiegelungsschicht 10 aufgebracht.

Die Entspiegelungsschichten umfassen jeweils drei Lagen 81, 83, 85, beziehungsweise 101, 103 und 105. Die Lagen der

Entspiegelungsschichten weisen jeweils zueinander unterschiedliche Brechungsindizes auf. Speziell sind die Lagen so angeordnet, daß sie vom Substrat ausgehend in einer Schichtabfolge Lage mit mittlerem Brechungsindex /
5 Lage mit hohem Brechungsindex / Lage mit niedrigem Brechungsindex angeordnet sind. Dementsprechend weisen die Lagen 83 und 103 einen höheren Brechungsindex als die Lagen 81 und 101, und die Lagen 85 und 105 auf, wobei die Lagen 85 und 105 jeweils die niedrigsten Brechungsindizes der
10 Entspiegelungsschichten 8 und 10 besitzen.

Der Brechungsindex und die Schichtdicke jeder der Lagen 81, 83, 85, beziehungsweise 101, 103 und 105 der beiden Entspiegelungsschichten 8 und 10 sind dabei derart gewählt,
15 daß die integralen Reflektivitäten der Entspiegelungsschichten 8, 10 jeweils minimal sind oder vom Minimum höchstens 25% abweichen.

Auf der Entspiegelungsschicht 10 auf der Seite 22 des
20 Substrats 2 ist eine elektro-optische Struktur 4 mit einer aktiven Schicht 6 aufgebracht, welche ein organisches, elektro-optisches Material umfaßt. Die Entspiegelungsschicht 8 ist auf der Seite 21 des Substrats 2 angeordnet, welche der Seite 22, auf welcher die elektro-
25 optische Struktur 4 aufgebracht ist, gegenüberliegt.

Die elektro-optische Struktur 4 umfaßt wie bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform eine erste und eine zweite leitfähige Schicht, 41 und 42, zwischen welchen eine aktive
30 Schicht 6 angeordnet ist, die das organische, elektro-optische Material enthält.

Im Falle eines als OLED aufgebauten organischen, elektro-optischen Elements wird Licht, welches vom organischen,
35 elektro-optischen Material durch Elektrolumineszenz,

beziehungsweise Elektron-Loch-Rekombination erzeugt wird, durch die erste leitfähige Schicht 41 über das Substrat 2 nach außen geleitet, wobei es an der Lichtaustritts- und/oder Lichteintrittsseite 12 des Elements 1 austritt. Um
5 den Lichtdurchtritt durch die erste leitfähige Schicht 41 zu ermöglichen, ist die leitfähige erste Schicht 41 der elektro-optischen Struktur beispielsweise aus teilweise transparentem, leitfähigen Material, wie etwa Indium-Zinn-Oxid (ITO), einem transparenten leitfähigen Oxid (TCO) oder
10 einer dünnen Metallschicht hergestellt.

Bei einem photovoltaischen Element, bei welchem Licht in der aktiven Schicht 6 im organischen, elektro-optischen Material Elektron-Loch-Paare bildet, ist der Strahlengang
15 entsprechend umgekehrt.

In Fig. 3 ist ein Querschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen organischen, elektro-optischen Elements 1 dargestellt. Diese
20 Ausführungsform unterscheidet sich von der anhand von Fig. 2 dargestellten Ausführungsform durch eine zusätzliche Anpassungsschicht 5 zwischen der elektro-optischen Struktur 4 und der Entspiegelungsschicht 10. Die Anpassungsschicht 5 dient der besseren Brechungsindexanpassung zwischen der
25 Entspiegelungsschicht 10 und der leitfähigen Schicht 41 der elektro-optischen Struktur 4. Die Anpassungsschicht kann auch, wie Fig. 3 zeigt, mehrlagig ausgeführt sein, wobei die beispielhaft gezeigte Anpassungsschicht 5 die vier Lagen 51, 52, 53 und 54 umfaßt.

30 Die Anpassungsschichten sind insbesondere dann günstig, wenn verschieden aufgebaute elektro-optische Strukturen mit einem Substrat mit vorgefertigter Entspiegelung kombiniert werden sollen. Auf diese Weise kann ein festgelegter
35 Substrattyp ohne Änderungen für mehrere verschiedene

elektro-optische Strukturen verwendet werden.
Beispielsweise können so die sonst ursprünglich für andere
Anwendungen gedachte AMIRAN®-Substrate benutzt werden.

5 Fig. 4 zeigt noch eine weitere Ausführungsform des
erfindungsgemäßen organischen elektro-optischen Elements 1.
Bei dieser Ausführungsform umfaßt die Entspiegelungsschicht
10 zwei Lagen 101 und 103. Gegenüber den vorigen
Ausführungsformen weist die Entspiegelungsschicht 10 dieser
10 Ausführungsform, welche an die leitfähige Schicht 41
angrenzt, demnach keine dritte Lage 105 auf. Vielmehr
übernimmt hier die leitfähige Schicht 41 selbst die
Funktion einer dritten Lage einer dreilagigen
Entspiegelungsschicht.

15 Dies ist in einfacher Weise beispielsweise dadurch zu
erreichen, indem für die Schichten 101 und 103 der
Entspiegelungsschicht 10 die Brechungsindizes im Rahmen
einer hinsichtlich der integralen Reflektivität
20 erfindungsgemäß verbesserten Entspiegelungsschicht so
gewählt werden, daß der Brechungsindex der leitfähigen
Schicht 41 der elektro-optischen Struktur 4 unter den
Brechungsindizes der Schichten 101 und 103 liegt. Bevorzugt
weist dabei auch bei dieser Ausführungsform die Schicht 103
25 den höchsten Brechungsindex unter den Schichten auf.

Auch für die mehrlagigen Entspiegelungsschichten 8, 10, wie
sie die in den Fig. 2 bis 4 gezeigt sind, gilt wie bei der
einlagigen Entspiegelungsschicht des in Fig. 1 gezeigten
30 Ausführungsbeispiels, daß die Lagen der
Entspiegelungsschicht 8, 10 eine Dicke und einen
Brechungsindex aufweisen, für welche die integrale
Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht
10 für unter allen Winkeln in der aktiven Schicht

ausgehende Lichtstrahlen für eine Wellenlänge im emittierten Spektralbereich minimal ist oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist.

5

Um derart verbesserte Schichtdicken und Brechungsindizes der Lagen einer mehrlagigen Schicht zu bestimmen, kann die integrale Reflektivität gemäß den oben angegebenen Gleichungen 1), 7) oder 8) der gesamten, mehrlagigen Entspiegelungsschicht 8, beziehungsweise 10 durch rekursive Anwendung der Beziehungen 2) bis 5) für die einzelnen Schichten 81, 83, 85, und 101, 103, 105 der Entspiegelungsschichten numerisch berechnet werden.

15 Bei den anhand der Fig. 2 bis 4 dargestellten Ausführungsformen organischer elektro-optischer Elemente können eine oder mehrere Lagen der Entspiegelungsschicht 10 auch lichtstreuende Strukturen aufweisen.

20 Fig. 5 zeigt Graphen der integralen Reflektivität einer einlagigen Entspiegelungsschicht, wie sie das Ausführungsbeispiel der Fig. 1 aufweist, als Funktion von Brechungsindex und Schichtdicke der Entspiegelungsschicht 10. Für die an die Entspiegelungsschicht 10 angrenzende leitfähige transparente Elektrodenschicht 41 wurde ein
25 Brechungsindex von $n=1,85$ angenommen. Als Substrat 2 wurde der Rechnung ein Glas mit einem Brechungsindex von $n_3=1,45$ zugrundegelegt. Verschiedene diskrete Werte der integralen Reflektivität im Bereich von 0,193 bis 0,539 sind in Fig. 5
30 als Kurven dargestellt.

An Punkt A wird die minimale Reflektivität von 0,154 für eine einlagige Entspiegelungsschicht mit Grenzflächen zu Medien mit $n_1=1,85$ und $n_3=1,45$ erreicht. Dieser Punkt
35 befindet sich bei den Werten $n_2=1,59$ und $d=260$ Nanometer.

Die Kurve mit einer integralen Reflektivität von 0,193 begrenzt außerdem den Wertebereich von Brechungsindex und Schichtdicke der Entspiegelungsschicht, in welchem die integrale Reflektivität höchstens 25% höher als der
5 Minimalwert von 0,154 ist.

Der Punkt B bezeichnet die Werte für Brechungsindex und Schichtdicke einer Entspiegelungsschicht, die in herkömmlicher Weise bei gleichen angrenzenden Medien für
10 senkrechten Lichtaustritt als Viertelwellenlängen-Schicht optimiert ist. Für eine solche Viertelwellenlängen-Schicht ergeben sich von einer erfindungsgemäßen Entspiegelungsschicht deutlich abweichende Werte von $n_2=1,68$ und $d=81,7$ Nanometer. Eine erfindungsgemäße
15 Entspiegelungsschicht weist also überraschend für die beschriebene Konfiguration gegenüber einer üblichen Viertelwellenlängen-Schicht eine wesentlich höhere Schichtdicke und einen deutlich niedrigeren Brechungsindex auf.

20 Insbesondere gilt für wie vorstehend beschriebene erfindungsgemäße Entspiegelungsschichten für elektro-optische Elemente, oder auch Anwendungen, wie optische Elemente, beispielsweise Linsen, Filter, Prismen, Scheiben,
25 insbesondere Fensterscheiben, Autoglas, Architekturglas, oder Beleuchtungskörper, daß die Lage der Entspiegelungsschicht, eine optische Dicke von zumindest $3/8$ einer Wellenlänge des Transmissions- oder Emissionsspektrums, bevorzugt sogar zumindest einer halben
30 Wellenlänge aufweist.

Bei dem in Fig. 5 gezeigten Beispiel, liegt der Bereich von zumindest einer halben Wellenlänge optischer Dicke oberhalb von etwa 163 Nanometern Schichtdicke. Die untere Grenze
35 dieses Bereichs ist in Fig. 5 durch eine gestrichelte, mit

„ $\lambda/2$ “ bezeichnete Linie und die untere Grenze des Bereichs einer optische Dicke von zumindest $3/8$ der Wellenlänge durch eine gepunktete, mit „ $(3/8) \cdot \lambda$ “ bezeichnete Linie gekennzeichnet.

5

In den Figuren 6A und 6B sind Querschnitte durch verschiedene beispielhafte Ausführungsformen von elektro-optischen Strukturen 4 dargestellt. Das Substrat 2, auf welchem die elektro-optische Struktur 4 aufgebracht ist, ist jeweils der Übersichtlichkeit halber ohne Entspiegelungsschicht dargestellt.

10

Bei der in Fig. 6A gezeigten, ersten Ausführungsform einer elektro-optischen Struktur 4 umfaßt die erste leitfähige Schicht 41 eine Indium-Zinn-Oxidschicht 411, welche in Kontakt mit dem Substrat 2, beziehungsweise mit einer nicht dargestellten Entspiegelungsschicht auf dem Substrat 2 steht.

15

Auf die Indium-Zinn-Oxidschicht 411 ist eine Lochinjektionsschicht 14 aufgebracht. Diese kann beispielsweise eine Polymerschicht umfassen, die beispielsweise Polyanillin oder PEDOT/PSS ("Poly(3,4-Ethylendioxythiophen) /Poly(styrenesulfonat)") enthält.

20

Auf diese Lochinjektionsschicht 14 ist eine aktive, elektrolumineszente Schicht 6 aufgebracht, welche eine Polymerschicht aus MEH-PPV 61 als organisches, elektro-optisches Material umfaßt. Dabei bezeichnet MEH-PPV das Polymer (Poly(2-Methoxy, 5-(29-Ethyl-Hexyloxy)-1,4-Phenylenvinyl)) .

25

30

Die auf der aktiven Schicht 6 aufgebrachte, zweite leitfähige Schicht 42 umfaßt in dieser Ausführungsform ein Calcium-Aluminium Zweischichtsystem 421.

- 5 Die prinzipielle Schichtabfolge ITO-Schicht / PEDOT/PSS-Schicht / MEH-PPV-Schicht / Ca/Al-Schicht dieser Ausführungsform hat sich unter anderem für die Verwendung als OLED bewährt, wobei mit einem derartigen Schichtaufbau vereinzelt bereits deutlich über 10000 Betriebsstunden
10 erreicht werden konnten.

- In Fig. 6B ist eine weitere, beispielhafte Ausführungsform einer elektro-optischen Struktur 4 dargestellt. Diese weist eine zusätzliche Lochtransportschicht 18 auf, welche nach
15 der Lochinjektionsschicht 14 aufgebracht ist. Als Material geeignet ist für eine Lochtransportschicht 18 beispielsweise N,N'-Diphenyl-N,N'-bis(3-Methylphenyl)-1,1'-Biphenyl-4,4'-Diamin (TPD). Ebenso geeignet ist dazu auch N,N'-bis-(1-Naphtyl)-N,N'-Diphenyl-1,1'-Biphenyl-4,4'-
20 diamine (NPB).

- Die aktive, elektrolumineszente Schicht 6 umfaßt in dieser Ausführungsform eine Schicht 62 als organisches, elektro-optisches Material, die Alq_3 (Tris(8-Quinolinolato)-
25 Aluminum) aufweist. Als organische elektrolumineszente Materialien können aber auch organische Moleküle mit niedriger Massezahl ("small molecules"), die etwa mittels PVD aufdampfbar sind, sowie organische elektrolumineszente Polymere eingesetzt werden.

- 30 Die leitfähige Schicht 42 dieser Ausführungsform umfaßt eine Schicht 422 aus einer Magnesium-Silber-Legierung mit niedriger Austrittsarbeit.

Neben den anhand der Figuren 6A und 6B dargestellten Ausführungsformen sind eine große Vielzahl weiterer geeigneter elektro-optischer Strukturen bekannt, die sich für OLEDs oder entsprechende photovoltaische Elemente eignen und für die vorliegende Erfindung verwendet werden können. So sind unter anderem mittlerweile eine große Anzahl organischer, elektrolumineszenter Materialien, leitfähiger Elektrodenschichten, sowie neben den oben genannten Lochtransport- und Lochinjektionsschichten auch viele weitere funktionelle Schichten bekannt, welche die Effizienz von OLEDs oder photovoltaischen Elementen steigern.

Derartige Schichten und Materialien, sowie verschiedene mögliche Schichtabfolgen innerhalb von organischen, elektro-optischen Elementen wie insbesondere von OLEDs sind beispielsweise in folgenden Dokumenten, sowie den Literaturverweisen darin beschrieben, welche durch Bezugnahme diesbezüglich vollständig in die vorliegende Anmeldung mit aufgenommen werden:

1. Nature, Vol. 405, Seiten 661 - 664,
2. Adv. Mater. 2000, 12, No. 4, Seiten 265 - 269,
3. EP 0573549,
4. US 6107452.

Die Fig. 7A bis 7E zeigen Ausführungsformen der Erfindung, bei welchen die Entspiegelungsschicht 10 außerdem lichtstreuende Strukturen 7 aufweist, welche zumindest einen Teil des durch die Schicht 10 hindurchtretenden Lichts streuen und so einen Teil des Lichts, welches sonst unter einem Totalreflexionswinkel auf eine der Grenzflächen der Schicht 10 treffen würde, so umlenken, daß ihr Auftreffwinkel unterhalb des kritischen Winkels liegt und die Grenzfläche passieren kann. Dadurch wird die Aus- oder

Einkoppeleffizienz weiter erhöht. Die lichtstreuenden Strukturen können dabei sowohl im Inneren der Schicht 10, als auch an einer oder beiden Grenzflächen der Schicht 10 vorhanden sein.

5

In Fig. 7A ist ein Ausführungsbeispiel eines organischen elektro-optischen Elements 1 mit einer einlagigen Entspiegelungsschicht 10 dargestellt. Der prinzipielle Aufbau dieses erfindungsgemäßen Elements 1 entspricht dabei
10 der anhand von Fig 1 gezeigten Ausführungsform. Die elektro-optische Struktur 4 ist vereinfacht mit einem dreischichtigen Aufbau dargestellt, kann aber beispielsweise entsprechend den Fig. 6A und 6B aufgebaut sein.

15

Die zwischen der elektro-optischen Struktur 4 und dem Substrat 2 angeordnete Entspiegelungsschicht 10 weist bei dem in Fig. 7A gezeigten Ausführungsbeispiel lichtstreuende
20 Strukturen 7 in Form kleiner Kristallite, Partikel oder Einschlüsse auf, welche das durch die Schicht 10 tretende Licht zumindest teilweise streuen. Die Partikel oder Einschlüsse weisen dazu beispielsweise einen anderen Brechungsindex auf als die übrige Schicht 10, beziehungsweise das die Partikel umgebende Material. Die
25 Größe der Partikel ist von der gleichen Größenordnung oder kleiner als die Lichtwellenlänge, auf welche die Entspiegelungsschicht 10 angepaßt ist. Durch Partikel oder Einschlüsse dieser Größe wird eine besonders effektive Streuung des Lichts erreicht.

30

Fig. 7B zeigt eine Ausführungsform der Erfindung mit dreilagiger Entspiegelungsschicht 10, wie sie etwa auch die Ausführungsbeispiele der Fig. 2 bis Fig. 4 aufweisen. Die lichtstreuenden Strukturen sind bei dieser Ausführungsform

in jeder der Lagen 101, 103, 105 der Entspiegelungsschicht vorhanden.

Fig. 7C zeigt ebenfalls ein Ausführungsbeispiel mit
5 dreilagiger Entspiegelungsschicht. Dabei ist wie bei den
Ausführungsbeispielen der Fig. 2 bis Fig. 4 sowohl auf der
Seite 22 des Substrats, als auch auf der gegenüberliegenden
Seite 21 jeweils eine dreilagige Entspiegelungsschicht 10,
beziehungsweise 8 angeordnet. Die lichtstreuenden Strukturen
10 befinden sich bei dem in Fig. 7C gezeigten
Ausführungsbeispiel in den als erste auf das Substrat 2
aufgebrachten Lagen 81 und 101. Selbstverständlich können
die lichtstreuenden Strukturen aber auch in einer anderen
Lage oder in zwei Lagen der Entspiegelungsschichten 8, 10
15 angeordnet sein.

Fig. 7D zeigt noch ein weiteres Ausführungsbeispiel mit
einer Entspiegelungsschicht 10 mit lichtstreuenden
Strukturen 7. Im Unterschied zu den in Fig. 7A bis 7C
20 dargestellten Ausführungsbeispielen ist die Grenzfläche
zwischen Substrat und Entspiegelungsschicht 10
strukturiert. Dazu wird die Entspiegelungsschicht auf die
strukturierte Seite 21 des Substrats aufgebracht, so daß
die Entspiegelungsschicht an ihrer Grenzfläche zum Substrat
25 2 lichtstreuende Strukturen 7 aufweist.

Bei der in Fig. 7D gezeigten Ausführungsform ist die
Entspiegelungsschicht insbesondere auf die mit regelmäßigen
Strukturen in Form regelmäßiger Vorsprünge versehene Seite
30 22 des Substrats 2 aufgebracht, so daß sich dementsprechend
regelmäßige lichtstreuende Strukturen 7 an der Grenzfläche
ergeben. Anders als in Fig. 7D gezeigt, kann die Fläche 22
aber auch einfach mit einem geeigneten Verfahren,
beispielsweise durch Ätzen aufgeraut werden, so daß die
35 lichtstreuenden Strukturen unregelmäßig sind.

Wie Abb. 7E zeigt, können die lichtstreuenden Strukturen aber auch in einer zusätzlichen Schicht 11 auf der Seite 22 des Substrats 2 aufgebracht werden. Der Brechungsindex der Matrix dieser auf dem Substrat 2 angeordneten Schicht 11 kann vorteilhaft so gewählt werden, dass er möglichst gut mit dem Brechwert des Substrats 2 übereinstimmt. In diesem Fall hat die Schicht keine brechende und damit reflektierende Wirkung an der Grenzfläche zum Substrat, wenn sie mit dem Substrat in Kontakt ist, sondern nur streuende Wirkung und ist kein Bestandteil der Entspiegungsschicht.

Die Fig. 8A bis 8C zeigen Raytracing-Simulationen für verschiedene Schichtanordnungen organischer elektrooptischer Elemente. Die Graphen der Fig. 8A bis 8C zeigen jeweils die Betrachtungsseite eines organischen elektro-optischen Elements 1. Jeder Punkt der Graphen repräsentiert jeweils einen ausgetretenen Lichtstrahl, wobei eine punktförmige Strahlungsquelle in der aktiven Schicht eines OLEDs als elektro-optische Struktur für die Berechnung zugrundegelegt wurde. Die Strahlungsquelle befindet sich dabei in der Mitte der zweidimensionalen Graphen. Für das Material der aktiven Schicht wurde ein Brechungsindex von $n=1,7$, für die zwischen aktiver Schicht und Substrat angeordnete transparente leitfähige Elektrodenschicht ein Brechungsindex von $n=1,85$ und für das Substrat ein Brechungsindex von $n=1,45$ angenommen. Der Brechungsindex von $n=1,85$ der leitfähigen Elektrodenschicht entspricht dabei dem Brechungsindex von Indium-Zinn-Oxid.

Fig. 8A zeigt die Berechnung für eine Anordnung ohne Entspiegelungsschicht zwischen OLED und Substrat. Eine derartige Anordnung, wie sie in herkömmlicher Weise in

OLED-Elementen verwendet wird, zeigt eine externe Effizienz von nur 18,8%.

5 In Fig. 8B ist das Ergebnis einer Simulation für eine wie in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Anordnung, jedoch ohne lichtstreuende Strukturen gezeigt. Für den Brechungsindex der Entspiegelungsschicht wurde $n=1,65$ angenommen. Die Dicke der Entspiegelungsschicht beträgt $d=0,15\text{ }\mu\text{m}$. Mit einer solchen Anordnung entsprechend dem in 10 Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ohne lichtstreuende Strukturen wird eine Steigerung der externen Quanteneffizienz auf 25,3% erreicht.

Fig. 8C zeigt schließlich eine Simulation für eine wie in 15 Fig. 1 gezeigte erfindungsgemäße Ausführungsform mit zusätzlichen lichtstreuenden Strukturen, entsprechend der in Fig. 7A dargestellten Ausführungsform. Schichtdicken und Brechungsindizes entsprechen dabei der Fig. 8B zugrundeliegenden Simulation. Die externe Quanteneffizienz 20 steigert sich hier durch das Einbringen der lichtstreuenden Strukturen auf 28%.

In den Fig. 9 bis 11 sind weitere Beispiele optischer Einrichtungen mit erfindungsgemäßen Entspiegelungsschichten 25 dargestellt. Fig. 9 zeigt ein Beispiel einer erfindungsgemäß entspiegelten optischen Komponente in Form einer im Querschnitt gezeigten Linse 70. Die Linse kann beispielsweise ein Brillenglas oder eine Linse eines Objektivs sein.

30 Beide Brechflächen 72, 73 des Substrats 71 der Linse 70 sind dabei mit erfindungsgemäßen Entspiegelungsschichten 8, beziehungsweise 10 beschichtet, die in gleicher Weise wie die Entspiegelungsschichten der elektro-optischen Elemente 35 gemäß den oben beschriebenen Beispielen ausgebildet sind.

An die Stelle der Wellenlänge des von den Funktionschichten emittierten Spektrums des elektro-optischen Elements können hier die Dicken und Brechungsindizes auf eine Wellenlänge des sichtbaren Spektrums, bevorzugt die mittlere Wellenlänge des sichtbaren Spektrums optimiert werden. Insbesondere kann jede der Entspiegelungsschichten 8, 10 auch wieder eine optische Dicke aufweisen, die zumindest $3/8$, bevorzugt zumindest $1/2$ mal der Wellenlänge aus dem Spektrum beträgt.

10

Fig. 10 zeigt ein weiteres Beispiel einer optischen Komponente, hier im Querschnitt einen optischen Filter 75. Auch hier sind Eintrittsfläche 77 und Austrittsfläche 78 des transparenten Substrats 76 jeweils mit erfindungsgemäßen Entspiegelungsschichten 8, beziehungsweise 10 versehen. Für einen optischen Filter bietet es sich an, die Schichtdicke der zumindest einen Lage der Entspiegelungsschicht auf möglichst kleine integrale Reflektivität für eine Wellenlänge des gefilterten Spektrums anzupassen. Beispielsweise kann die Entspiegelungsschicht auf die mit der Intensitätsverteilung gewichtete mittlere Wellenlänge des gefilterten Spektrums optimiert sein. Das Substrat 76 kann auch beispielsweise eine Scheibe, beispielsweise ein Fenster, insbesondere auch Architekturglas, Fenster für Flugzeuge, Schiffe oder Fahrzeuge sein. Hier bietet es sich dann an, eine Schichtdicke der zumindest einen Lage der Entspiegelungsschicht zu verwenden, welche hinsichtlich ihrer integralen Reflektivität für die mittlere Wellenlänge des optischen Spektrums, oder die mit der Intensitätsverteilung des Tageslichtspektrums und/oder der spektralen Augenempfindlichkeit gewichteten mittleren Wellenlänge des optischen Spektrums optimiert ist.

30

In Fig. 11 ist ein Beispiel eines mit erfindungsgemäßen
Entspiegelungsschichten ausgestatteten Beleuchtungskörpers
dargestellt. Der Beleuchtungskörper ist in diesem Beispiel
eine Leuchtstoffröhre 90 mit einem röhrenförmigen
5 Glassubstrat 91, die einen Gasentladungsraum 92 umschließt.
Sowohl die Innenfläche 93, als auch die Außenfläche des
Substrats sind mit erfindungsgemäß auf minimale integrale
Reflektivität, beispielsweise für das gewichtete Mittel des
Fluoreszenzspektrums optimierten Entspiegelungsschichten 8,
10 10 ausgestattet.

Es ist dem Fachmann ersichtlich, dass die Erfindung nicht
auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen
beschränkt ist, sondern vielmehr in vielfältiger Weise
15 variiert werden kann. Insbesondere können auch die Merkmale
der einzelnen beispielhaften Ausführungsformen auch
miteinander kombiniert werden.

Bezugszeichenliste

1	Organisches, elektro-optisches Element
2	Substrat
4	Elektro-optische Struktur
5	Anpassungsschicht
6	aktive Schicht der elektro-optischen Struktur 4
7	lichtstreuende Struktur
8, 10	Entspiegelungsschichten
11	Schicht mit lichtstreuenden Strukturen 7
12	Lichtaustritts- und/oder Lichteintrittsseite
13	Gedachter Emitter
14	Lochinjektionsschicht (PEDOT/PSS, CuPC)
18	Lochleiterschicht (TPD, TDAPB)
21	erste Seite des Substrats 2
22	zweite Seite des Substrats 2
41	erste leitfähige Schicht der elektro-optischen Struktur 4
42	zweite leitfähige Schicht der elektro-optischen Struktur 4
51 - 54	Lagen der Anpassungsschicht
61	MEH-PPV Schicht
62	Alq ₃ -Schicht
70	Linse
71	Substrat von 70
72, 73	Brechflächen von 70
75	optischer Filter
76	Substrat von 75
77, 78	Ein- und Austrittsflächen von 75
81, 83, 85	Lagen der Entspiegelungsschicht 8
90	Leuchtstoffröhre
91	Substrat von 90

92	Gasentladungsraum von 90
93	Innenfläche von 91
94	Außenfläche von 91
101, 103, 105	Lagen der Entspiegelungsschicht 10
411	Indium-Zinn-Oxidschicht
421	Ca/Al-Schicht
422	Mg:Ag-Schicht

Ansprüche

1. Elektro-optisches Element (1), insbesondere
5 organisches elektro-optisches Element, vorzugsweise
organische lichtemittierende Diode, umfassend
ein Substrat (2) und
zumindest eine elektro-optische Struktur (4), welche
eine aktive Schicht mit zumindest einem organischen,
10 elektro-optischen Material (61) umfaßt, wobei das
Substrat zumindest eine Entspiegelungsschicht (8, 10)
mit wenigstens einer Lage aufweist, dadurch
gekennzeichnet, daß
die Lage der Entspiegelungsschicht (8, 10) eine Dicke
15 und einen Brechungsindex aufweist, für welche die
integrale Reflektivität an den Grenzflächen der
Entspiegelungsschicht für unter allen Winkeln von der
aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen für eine
Wellenlänge im spektralen Bereich des
20 Emissionspektrums minimal ist oder für welche die
integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher
als das Minimum ist.
2. Elektro-optisches Element (1), insbesondere gemäß
25 Anspruch 1, umfassend
ein Substrat (2) und zumindest eine elektro-optische
Struktur (4), welche eine aktive Schicht mit zumindest
einem organischen, elektro-optischen Material (61)
umfaßt, wobei das Substrat zumindest eine
30 Entspiegelungsschicht (8, 10) mit wenigstens einer
Lage aufweist,
dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke und der
Brechungsindex der Entspiegelungsschicht so gewählt
sind, daß das Integral der Reflektivität der
35 Entspiegelungsschicht,

$$1) \quad I(n_1, n_2, n_3, d) = \int_0^{\pi/2} R(n_1, n_2, n_3, d, \theta) \sin(\theta) d\theta$$

minimal ist oder vom Minimalwert höchstens 25 Prozent
 abweicht, wobei n_2 den Brechungsindex der
 Entspiegelungsschicht (10), n_1 und n_3 die
 5 Brechungsindizes der an die Entspiegelungsschicht
 (10) angrenzenden Medien, θ den Winkel des emittierten
 Lichts zum Lot auf die dem Emitter zugewandte
 Grenzfläche der Entspiegelungsschicht und d die
 Schichtdicke der Entspiegelungsschicht bezeichnen,
 10 und wobei für die Reflektivität $R(n_1, n_2, n_3, d, \theta)$
 angesetzt wird:

$$2) \quad R(n_1, n_2, n_3, d, \theta) = \frac{R_{TE} + R_{TM}}{2}, \text{ wobei}$$

$$3) \quad R_{TE} = \frac{r_{12}^2 + r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}{1 + r_{12}^2 r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}, \text{ mit}$$

$$3a) \quad r_{12} = \frac{n_1 \cos(\alpha_1) - n_2 \cos(\alpha_2)}{n_1 \cos(\alpha_1) + n_2 \cos(\alpha_2)}, \text{ und}$$

$$3b) \quad r_{23} = \frac{n_2 \cos(\alpha_2) - n_3 \cos(\alpha_3)}{n_2 \cos(\alpha_2) + n_3 \cos(\alpha_3)}, \text{ beziehungsweise}$$

$$4) \quad R_{TM} = \frac{r_{12}^2 + r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}{1 + r_{12}^2 r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}, \text{ mit}$$

$$4a) \quad r_{12} = \frac{n_2 \cos(\alpha_1) - n_1 \cos(\alpha_2)}{n_2 \cos(\alpha_1) + n_1 \cos(\alpha_2)}, \text{ und}$$

$$4b) \quad r_{23} = \frac{n_3 \cos(\alpha_2) - n_2 \cos(\alpha_3)}{n_3 \cos(\alpha_2) + n_2 \cos(\alpha_3)}, \text{ und wobei}$$

5)
$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_2 d \cos(\alpha_2)$$
 gilt, und wobei

-der Winkel $\alpha_1 = \theta$ den zum Lot auf die Grenzfläche gemessenen Winkel eines auf die Entspiegelungsschicht auftreffenden Lichtstrahls,

-der Winkel α_2 den zum Lot auf die Grenzfläche gemessenen Winkel des an der Grenzfläche zwischen dem Medium mit dem Brechungsindex n_1 und der Entspiegelungsschicht gebrochenen, in der Entspiegelungsschicht laufenden Lichtstrahls,

-der Winkel α_3 den Winkel des abermals an der gegenüberliegenden Grenzfläche zum Medium mit dem Brechungsindex n_3 gebrochenen und in diesem Medium laufenden Lichtstrahls, und

$-\lambda_0$ die Wellenlänge des Lichts im Vakuum bezeichnen.

3. Element insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der Entspiegelungsschicht (8, 10) eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für welche die über alle Winkel der von der aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen Intensitätsverteilung gewichtete Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht (8, 10) minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum ist.

4. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der Entspiegelungsschicht einen Brechungsindex $n_2(\lambda)$ und eine Dicke d aufweist, bei welchem das Integral:

$$I(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_0^{\pi/2} S(\lambda) \cdot R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta) \sin(\theta) d\theta d\lambda$$

minimal, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent größer als das Minimum ist, wobei $S(\lambda)$ die spektrale

5 Intensitätsverteilungsfunktion, $R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta)$ die Reflektivität in Abhängigkeit von Emissionswinkel θ , Schichtdicke d und der wellenlängenabhängigen Brechungsindizes $n_2(\lambda)$ der Entspiegelungsschicht und der angrenzenden Medien, $n_1(\lambda)$, $n_3(\lambda)$, und λ_1 und λ_2 die
10 Grenzen des Emissionsspektrums bezeichnen.

5. Element gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der
Entspiegelungsschicht (8, 10) eine Dicke und einen
15 Brechungsindex aufweist, für welche die über alle Winkel der von der aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen Intensitätsverteilung, sowie
20 der spektralen Augenempfindlichkeit gewichtete Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht (8, 10) minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum ist.

25
6. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der Entspiegelungsschicht einen Brechungsindex $n_2(\lambda)$ und eine Dicke d aufweist, bei welchem das Integral:

30

$$I(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_0^{\pi/2} S(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta) \sin(\theta) d\theta d\lambda$$

- minimal, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent größer als das Minimum ist, wobei $S(\lambda)$ die spektrale
- 5 Intensitätsverteilungsfunktion, $V(\lambda)$ die spektrale Augenempfindlichkeit, $R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta)$ die Reflektivität in Abhängigkeit von Emissionswinkel θ , Schichtdicke d und der wellenlängenabhängigen Brechungsindizes $n_2(\lambda)$ der Entspiegelungsschicht und
- 10 der angrenzenden Medien, $n_1(\lambda)$, $n_3(\lambda)$, und λ_1 und λ_2 die Grenzen des Emissionsspektrums bezeichnen.
7. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine elektro-
- 15 optische Struktur (4) eine erste (41) und eine zweite (42) leitfähige Schicht umfaßt, zwischen welchen eine aktive Schicht (6) angeordnet ist, welche das zumindest eine organische, elektro-optische Material (61) umfaßt.
- 20 8. Element nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und/oder zweite leitfähige Schicht zumindest teilweise transparent ist.
- 25 9. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat Glas, insbesondere Kalk-Natron Glas, eine Glaskeramik und/oder Kunststoff und/oder barrierebeschichteter Kunststoff und/oder Kombinationen davon umfaßt.

10. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Entspiegelungsschicht (8, 10) mehrere Lagen umfaßt.
- 5 11. Element nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagen (81, 83, 85, 101, 103, 105) unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen.
- 10 12. Element nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht (8, 10) drei Lagen (81, 83, 85, 101, 103, 105) aufweist.
- 15 13. Element nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagen vom Substrat ausgehend in einer Schichtabfolge Lage mit mittlerem Brechungsindex (81, 101) / Lage mit hohem Brechungsindex (83, 103) / Lage mit niedrigem Brechungsindex (85, 105) angeordnet sind.
- 20 14. Element nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei die Entspiegelungsschicht (10) zumindest zwei Lagen aufweist, und eine der leitfähigen Schichten (41, 42) an die Entspiegelungsschicht (10) angrenzt, dadurch gekennzeichnet, daß die leitfähige Schicht (41, 42) einen Brechungsindex aufweist, welcher unter den Brechungsindizes der zumindest zwei Lagen der Entspiegelungsschicht (10) liegt.
- 25 15. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht (8, 10) zumindest eines der Materialien Titanoxid, Tantaloxid, Nioboxid, Hafniumoxid, Aluminiumoxid, Siliziumoxid, Magnesiumnitrid aufweist.
- 30

16. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Entspiegelungsschicht (10) auf der Seite (22) des Substrats (2) angeordnet ist, auf welcher die
5 zumindest eine elektro-optische Struktur (4) aufgebracht ist.
17. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Entspiegelungsschicht (8)
10 und elektro-optischer Struktur (4) zumindest eine Anpassungsschicht (5) angeordnet ist.
18. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest eine
15 Entspiegelungsschicht auf der Seite (21) des Substrats (2), welcher der Seite (22), auf welcher die zumindest eine elektro-optische Struktur (4) angeordnet ist, gegenüberliegt.
- 20 19. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Entspiegelungsschicht (8, 10) eine AMIRAN®-Beschichtung umfaßt.
- 25 20. Element (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht (10) lichtstreuende Strukturen (7) aufweist.
- 30 21. Element nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtstreuenden Strukturen (7) Kristallite, Partikel oder Einschlüsse in der Entspiegelungsschicht (10) umfassen.

22. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine strukturierte Grenzfläche
mit lichtstreuenden Strukturen zwischen
Entspiegelungsschicht und Substrat.
- 5
23. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine zusätzliche Schicht (11) mit
lichtstreuenden Strukturen (7).
- 10 24. Element nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß
die zusätzliche Schicht (11) einen mit dem
Substratbrechungsindex im wesentlichen
übereinstimmenden Brechungsindex aufweist und die
zusätzliche Schicht (11) auf dem Substrat (2)
15 angeordnet ist.
25. Verfahren zur Herstellung eines organischen, elektro-
optischen Elements (1), insbesondere eines
organischen, elektro-optischen Elements nach einem der
20 Ansprüche 1 bis 14, umfassend die Schritte:
- Beschichten zumindest einer Seite (21, 22) eines
Substrats (2) mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10),
und
 - Aufbringen zumindest einer elektro-optischen
25 Struktur (4), welche zumindest ein organisches,
elektro-optisches Material (61) umfaßt, dadurch
gekennzeichnet, daß das Substrat mit einer
Entspiegelungsschicht (8, 10) beschichtet wird, die
wenigstens eine Lage mit einer Dicke und einem
30 Brechungsindex aufweist, für welche die integrale
Reflektivität an den Grenzflächen der
Entspiegelungsschicht (10) für unter allen Winkeln in
der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen und für
eine Wellenlänge im Spektralbereich des emittierten
35 Lichts minimal ist oder für welche die integrale

Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet,
5 daß der Schritt des Aufbringens zumindest einer
elektro-optischen Struktur (4) die Schritte umfaßt:
-Aufbringen einer ersten leitfähigen Schicht (41),
-Aufbringen mindestens einer aktiven Schicht (6),
welche das zumindest eine organische, elektro-optische
10 Material (61) umfaßt, und
- Aufbringen einer zweiten leitfähigen Schicht (42).
27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, dadurch
gekennzeichnet, daß der Schritt des Beschichtens
15 zumindest einer Seite (21, 22) eines Substrats (2) mit
einer Entspiegelungsschicht (8, 10) den Schritt des
Beschichtens mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10)
umfaßt, welche mehrere Lagen (81, 83, 85, 101, 103,
105), insbesondere drei Lagen aufweist.
28. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des
Beschichtens zumindest einer Seite (21, 22) eines
Substrats (2) mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10)
25 die Schritte umfaßt:
-Aufbringen einer Lage mit mittlerem Brechungsindex
(81, 101),
-Aufbringen einer Lage mit hohem Brechungsindex (83,
103), und
30 -Aufbringen einer Lage mit niedrigem Brechungsindex
(85, 105).
29. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (2) mit einer

Entspiegelungsschicht (10) beschichtet wird, die lichtstreuende Strukturen (7) aufweist.

- 5 30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß eine Entspiegelungsschicht (10) aufgebracht wird, welche Kristallite, Partikel oder Einschlüsse enthält, die einen vom umgebenden Material abweichenden Brechungsindex oder Orientierung aufweisen.
- 10 31. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine zusätzliche Schicht (11) mit lichtstreuenden Strukturen (7) aufgebracht wird.
- 15 32. Verfahren gemäß Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Schicht einen mit dem Substratbrechungsindex im wesentlichen übereinstimmenden Brechungsindex aufweist und die zusätzliche Schicht (11) auf das Substrat aufgebracht
- 20 wird.
33. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht (10) auf einer strukturierte Seite (22) des Substrats
- 25 (2) aufgebracht wird.
34. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht (10) auf eine aufgerauhte Seite (22) des Substrats (2)
- 30 aufgebracht wird.
35. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht auf eine mit regelmäßigen Strukturen versehene Seite
- 35 (22) des Substrats (2) wird.

36. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß auf die
Entspiegelungsschicht (8) zumindest eine
Anpassungsschicht (5) aufgebracht wird.
37. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine
Entspiegelungsschicht (8, 10) und die zumindest eine
elektro-optische Struktur (4) auf gegenüberliegenden
Seiten (21, 22) des Substrats (2) aufgebracht werden.
38. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß beidseitig auf das
Substrat (2) Entspiegelungsschichten (8, 10)
aufgebracht werden.
39. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des
Beschichtens zumindest einer Seite (21, 22) eines
Substrats (2) mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10)
mit Vakuumbeschichtung, insbesondere physikalische
Dampfphasenabscheidung ("physical vapor deposition"
(PVD) oder Sputtern, chemisches Abscheiden aus der
Gasphase (CVD), thermisch oder plasmaunterstützte
chemische Dampfphasenabscheidung (PECVD) oder gepulste
plasmaunterstützte chemische Dampfphasenabscheidung
(PICVD), oder mittels Sol-Gel-Beschichtung, Tauch-,
Sprüh- oder Schleuderbeschichtung erfolgt.
40. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke und der
Brechungsindex der Lage, für welche die integrale
Reflektivität an den Grenzflächen der
Entspiegelungsschicht (10) für unter allen Winkeln in

der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen und für eine Wellenlänge im Spektralbereich des emittierten Lichts minimal ist oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist, berechnet, insbesondere numerisch
5 berechnet wird.

41. Substrat mit einer Entspiegelungsschicht, insbesondere transparentes Glas- oder Kunststoffsubstrat, wobei die
10 Entspiegelungsschicht mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 25 - 40 hergestellt oder entsprechend einem Substrat für ein elektro-optisches Element gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 ausgebildet ist.

15 42. Substrat mit einer Entspiegelungsschicht mit zumindest einer Lage, insbesondere Substrat eines elektro-optischen Elements gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 oder 41, oder hergestellt mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 25 bis 40, dadurch gekennzeichnet,
20 daß die Lage der Entspiegelungsschicht, bevorzugt alle Lagen der Entspiegelungsschicht eine optische Dicke von zumindest $\frac{3}{8}$ einer Wellenlänge des Transmissions- oder Emissionsspektrums, bevorzugt zumindest einer halben Wellenlänge aufweisen.

25 43. Optische Einrichtung, insbesondere Linse, Brillenglas, Prisma, optischer Filter, Scheibe, besonders Fenster für Flugzeuge, Schiffe oder Fahrzeuge, oder Beleuchtungskörper, umfassend ein
30 Substrat gemäß Anspruch 41 oder 42.

44. Verwendung eines entspiegelten Substrats, insbesondere Glassubstrats (2) mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10) mit wenigstens einer Lage, welche eine Dicke und
35 einen Brechungsindex aufweist, für welche die

- integrale Reflektivität an den Grenzflächen der
Entspiegelungsschicht für unter allen Winkeln von
einem gedachten Emitter in der aktiven Schicht
ausgehende Lichtstrahlen und für eine Wellenlänge im
spektralen Bereich des Emissionspektrums minimal ist
oder für welche die integrale Reflektivität um
höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist,
-als Träger für ein organisches, elektro-optisches
Element (1), insbesondere einer organischen,
lichtemittierenden Diode, oder
-als optisches Element, insbesondere einer Linse oder
ein Prisma, oder
-als Scheibe, insbesondere als Fensterscheibe für
Gebäude oder Fahrzeuge.
45. Verwendung eines entspiegelten Glassubstrats (2) mit
einer Entspiegelungsschicht mit lichtstreuenden
Strukturen als Träger für ein organisches, elektro-
optisches Element (1), insbesondere einer organischen,
lichtemittierenden Diode.
46. Verwendung eines entspiegelten Substrats, insbesondere
Glassubstrats (2) nach Anspruch 44 oder 45, dadurch
gekennzeichnet, daß das Glassubstrat (2) AMIRAN®-Glas
umfaßt.

Fig. 1

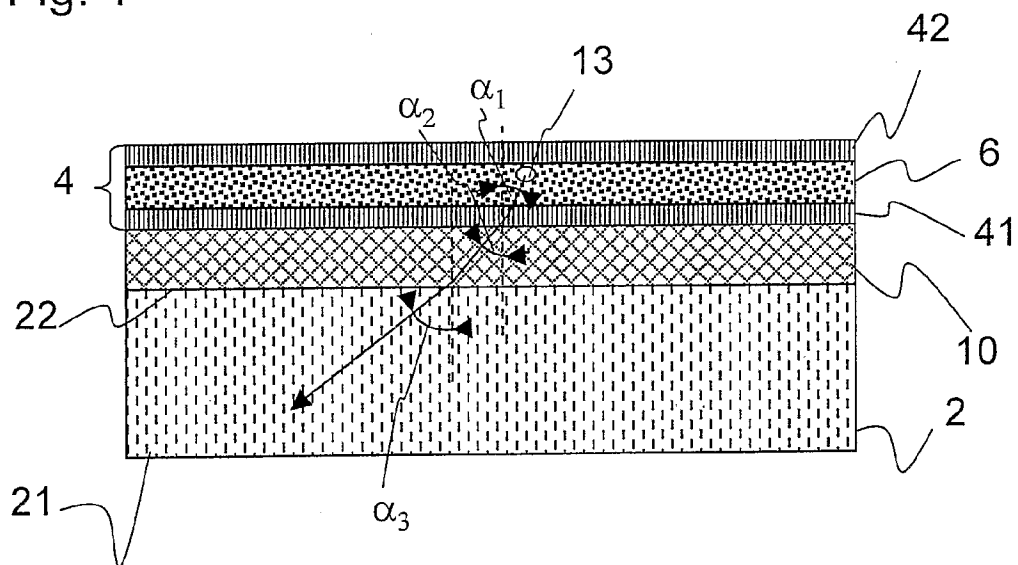


Fig. 2

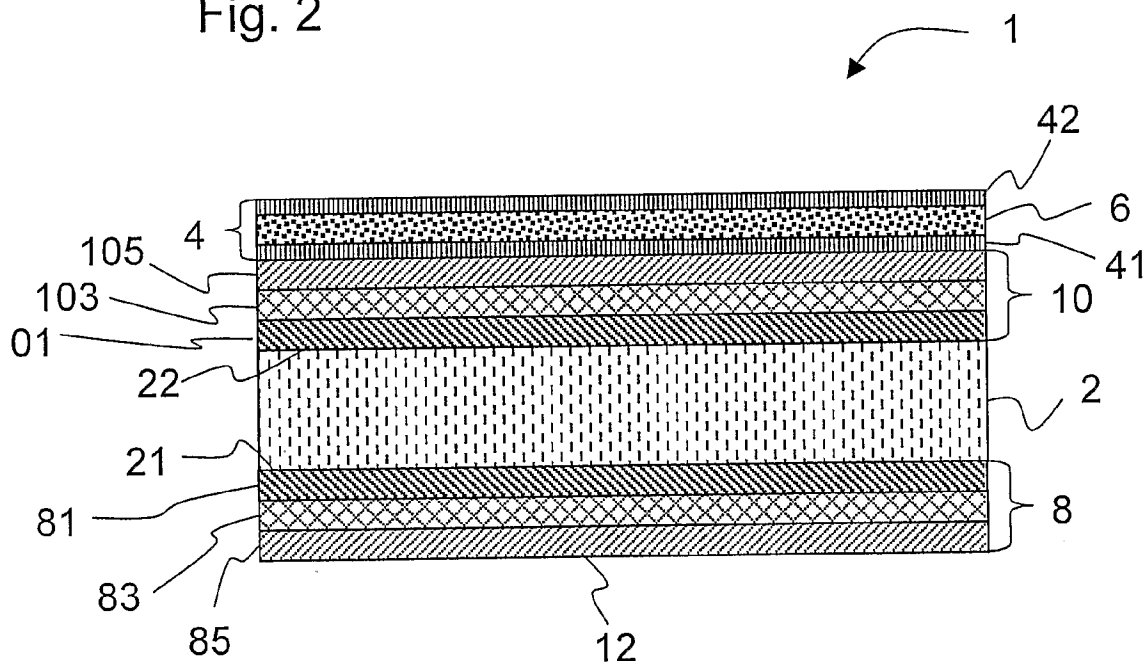


Fig. 3

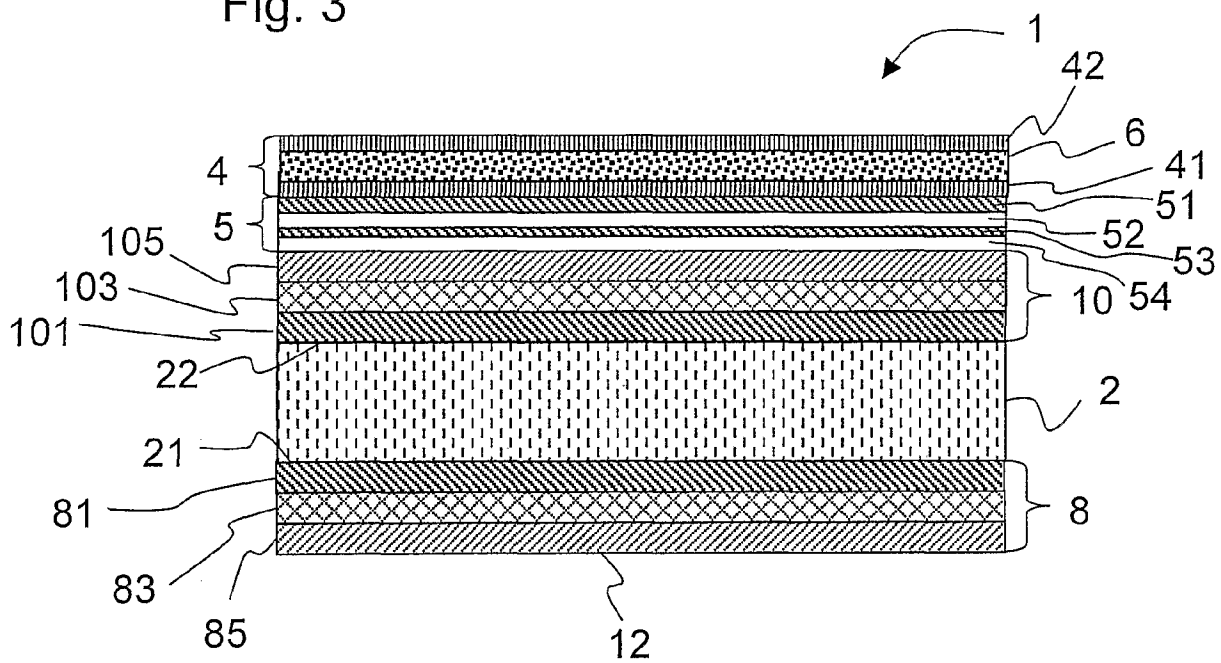
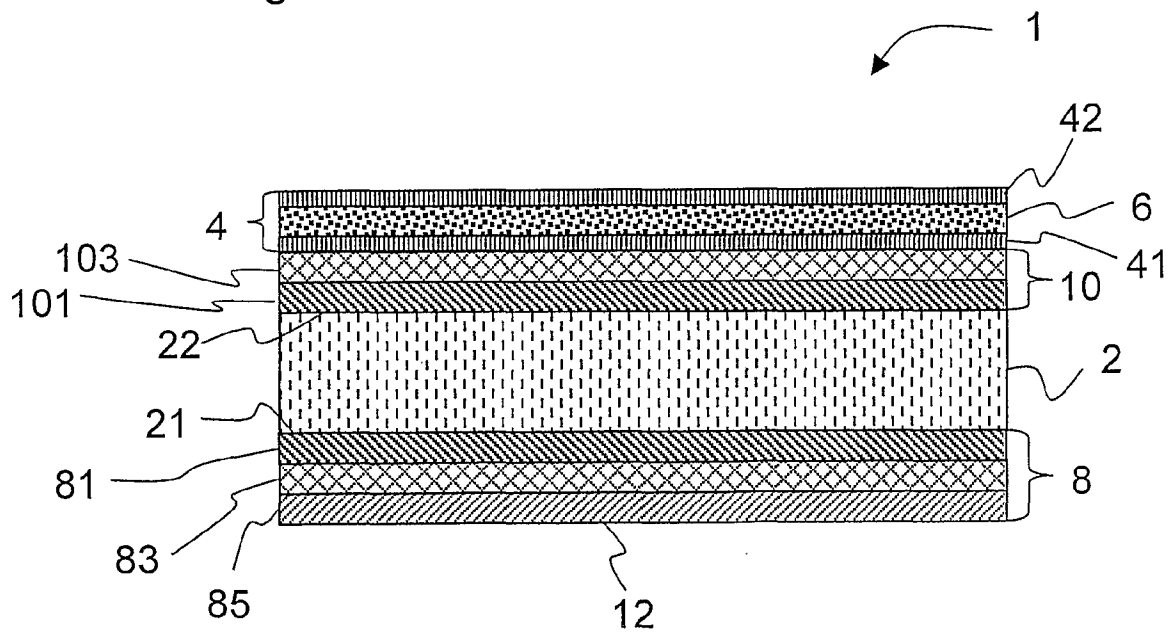


Fig. 4



Integrale Reflektivität als Funktion
von Brechungsindex und Schichtdicke

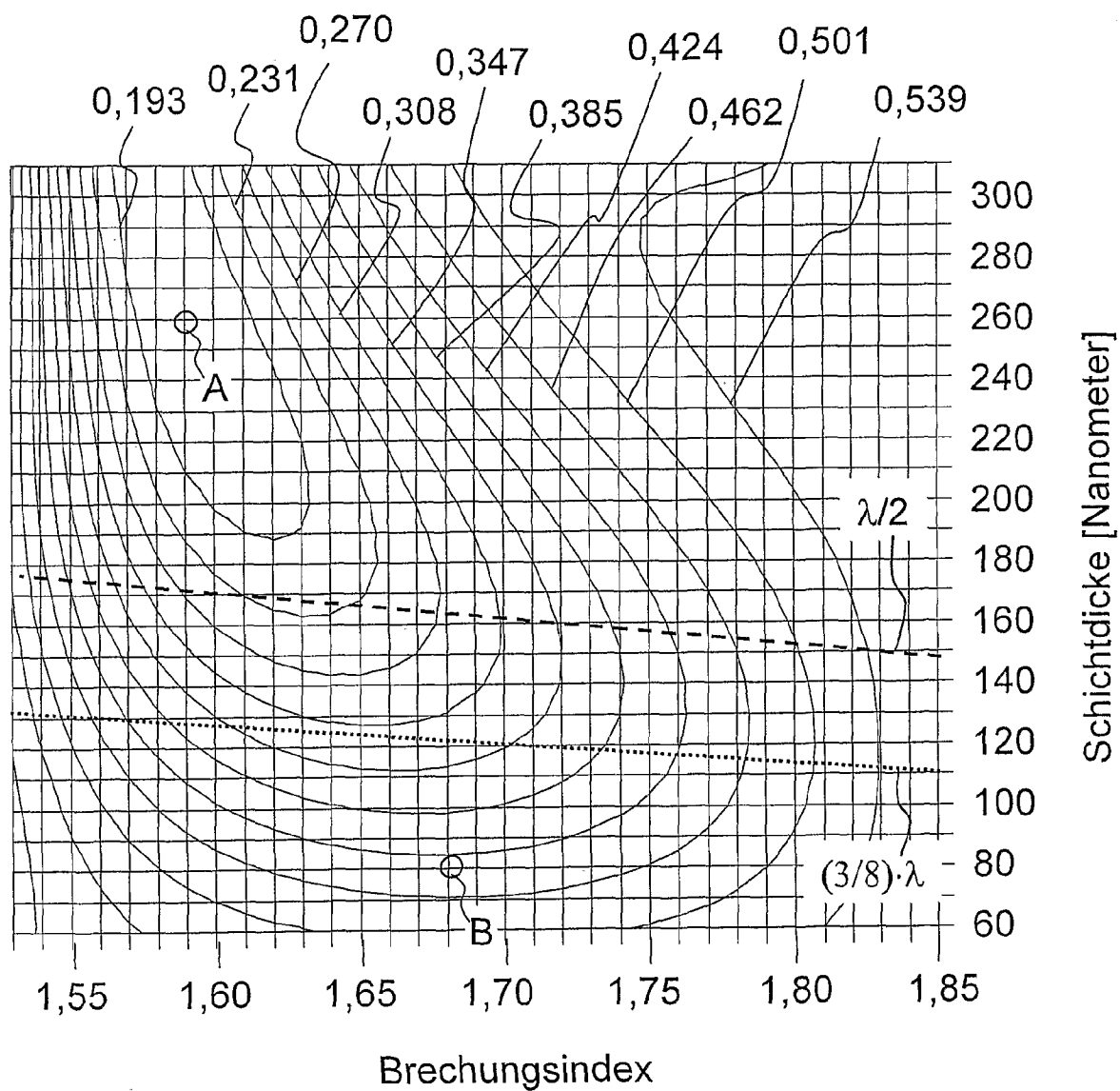


Fig. 5

Fig. 6A

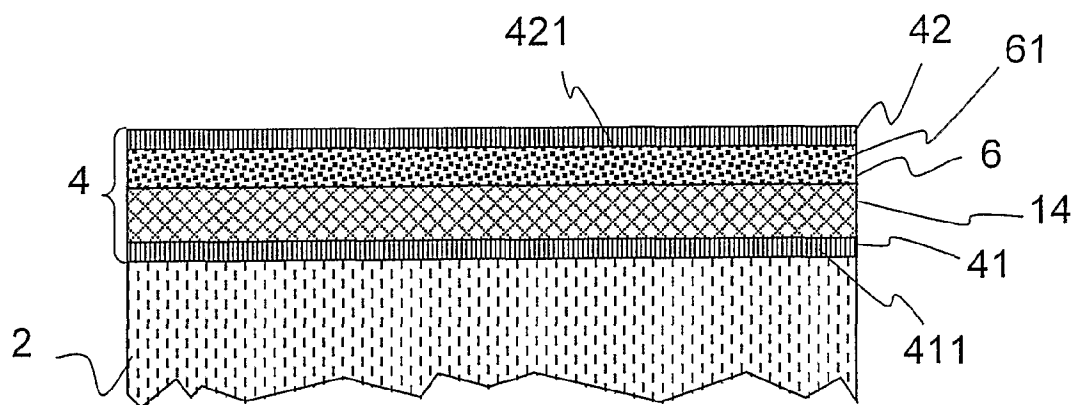


Fig. 6B

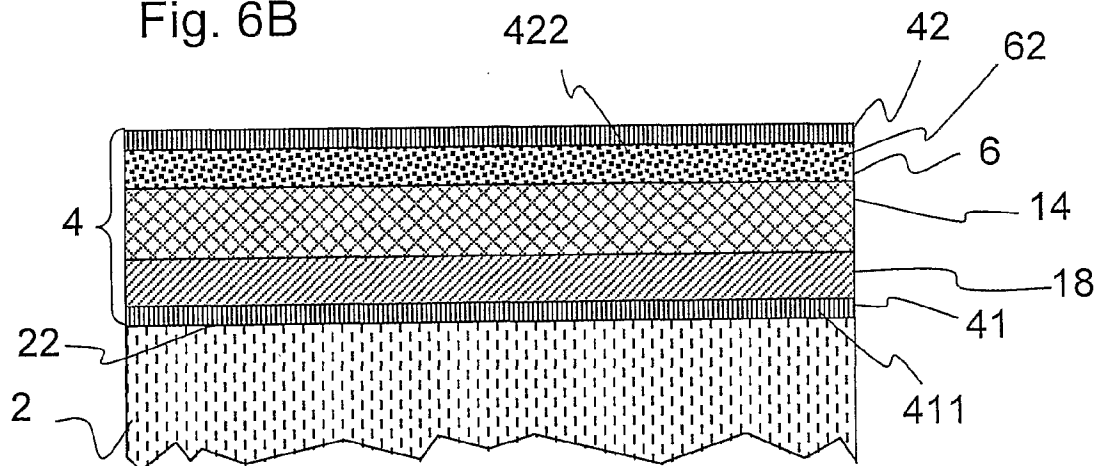


Fig. 7A

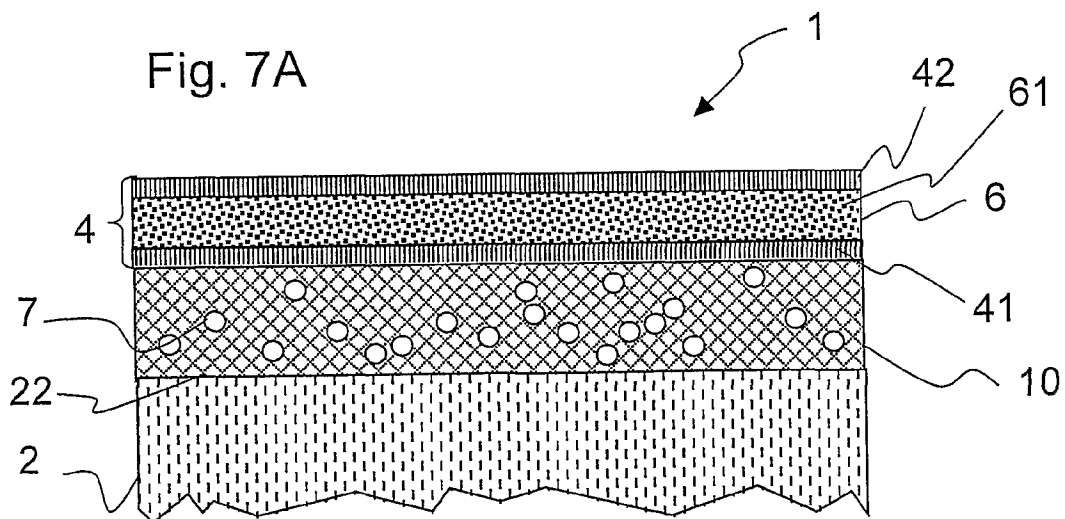


Fig. 7B

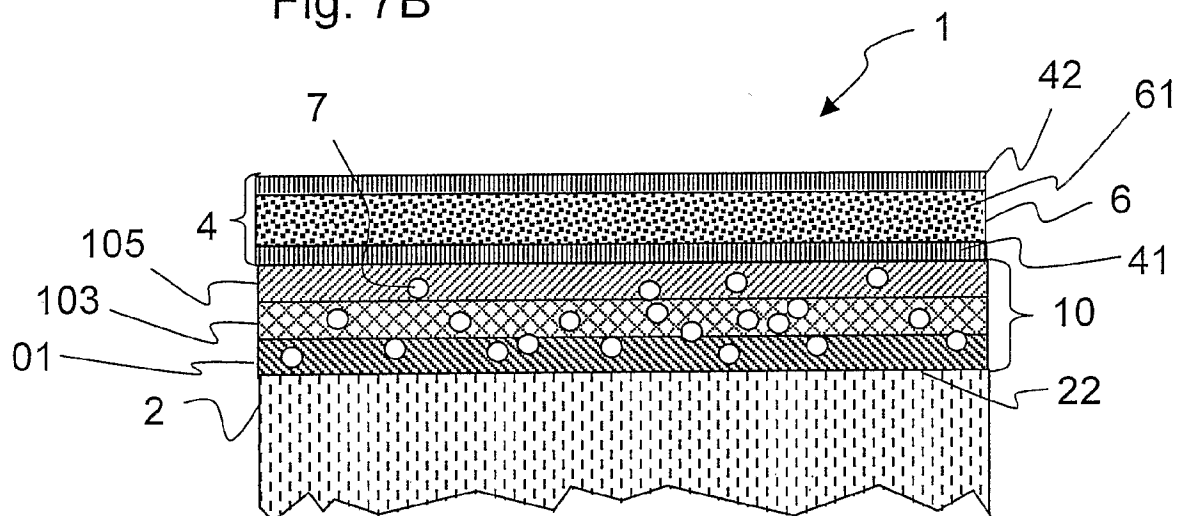


Fig. 7C

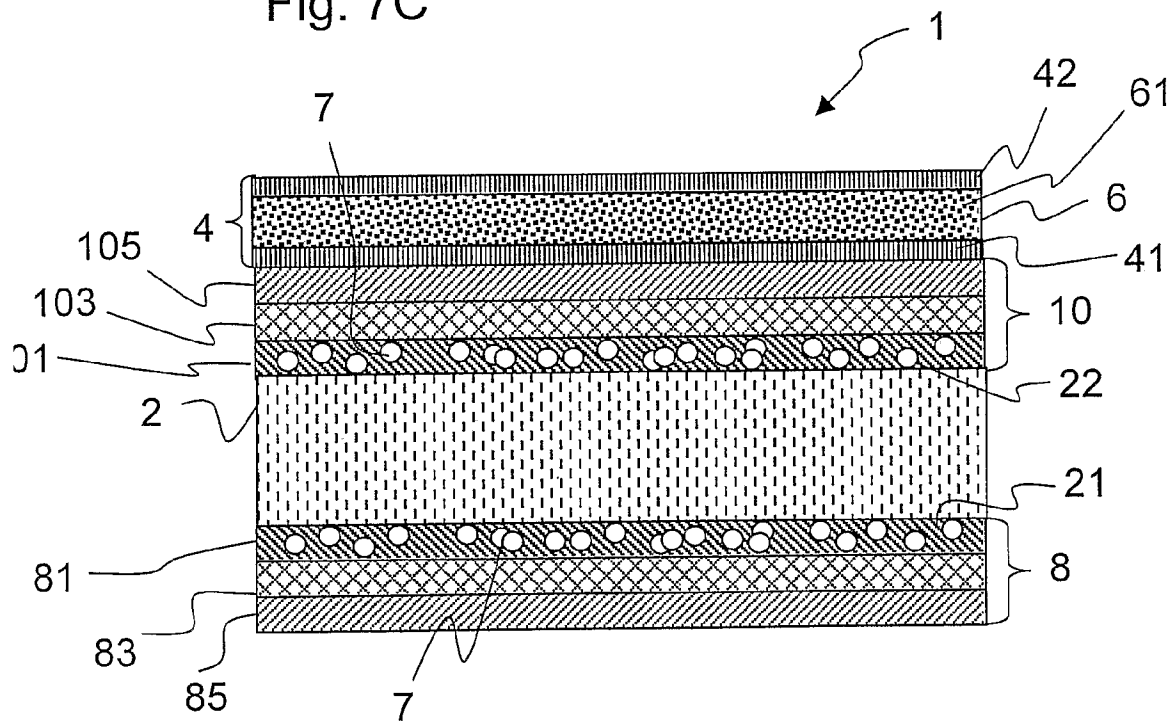


Fig. 7D

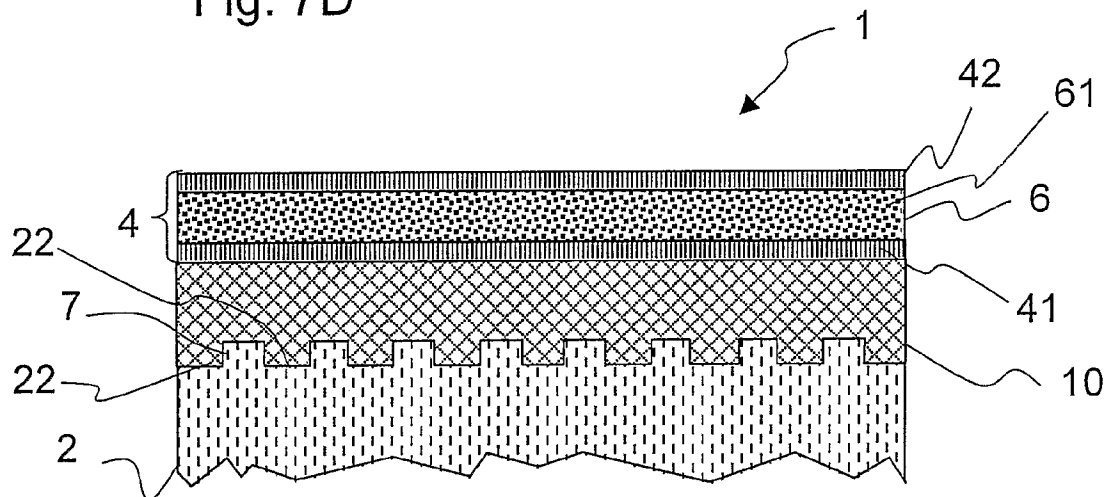


Fig. 7E

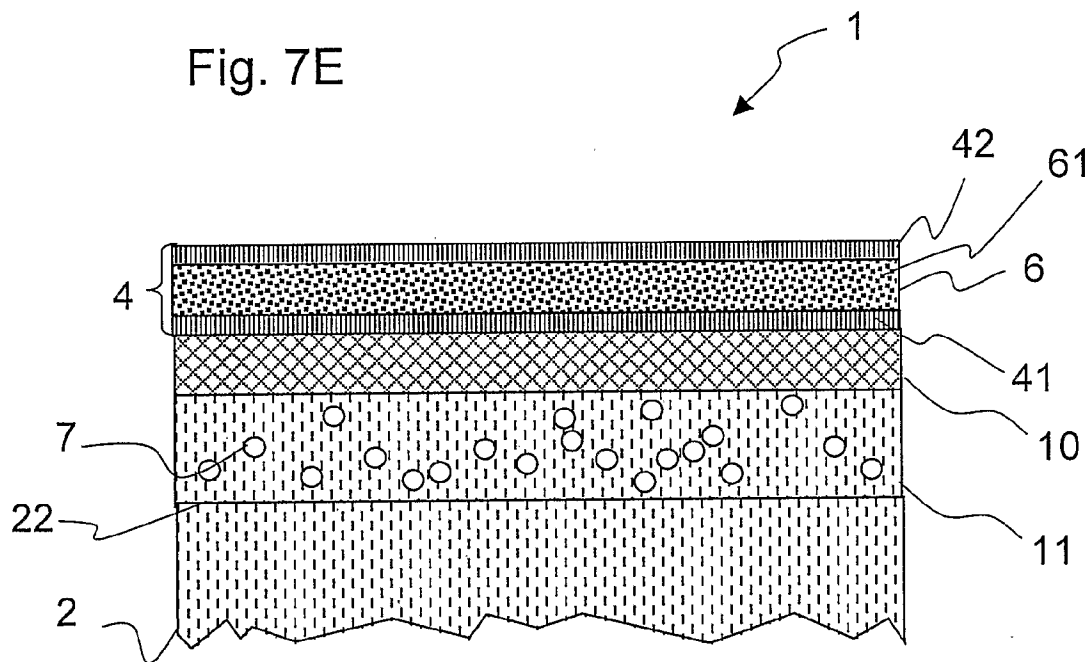


Fig. 8A

$$\eta_{\text{ext}} = 18.8\%$$

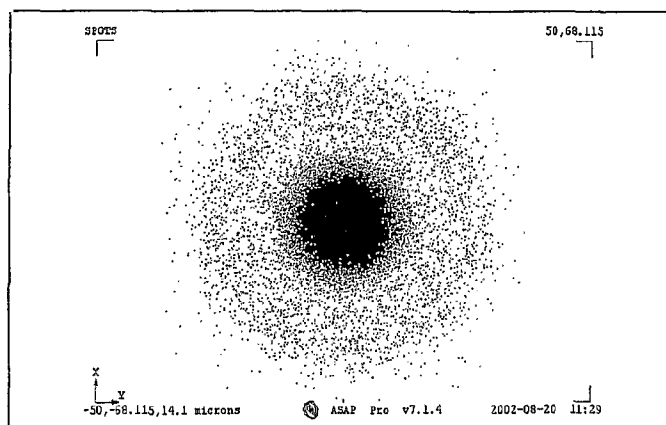


Fig. 8B

$$\eta_{\text{ext}} = 25.3\%$$

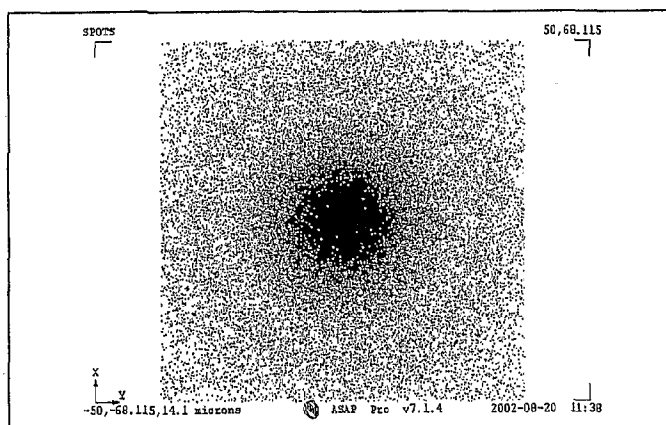


Fig. 8C

$$\eta_{\text{ext}} = 28\%$$

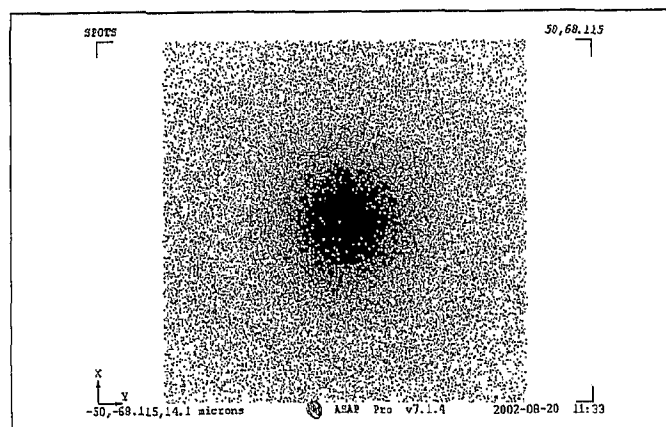


Fig. 9

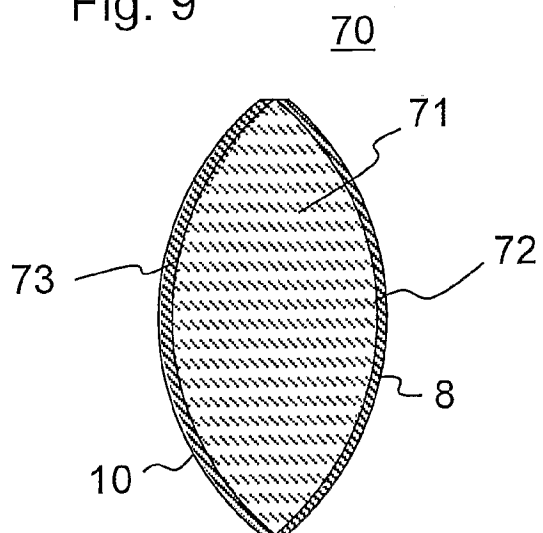


Fig. 10

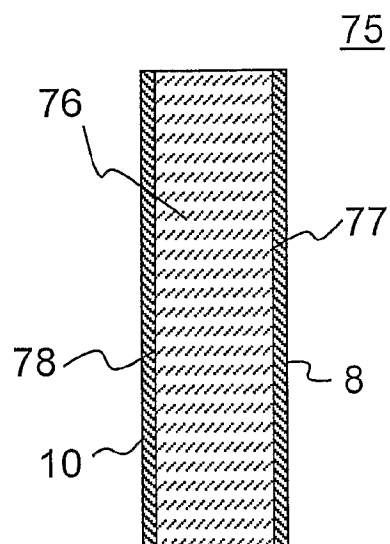
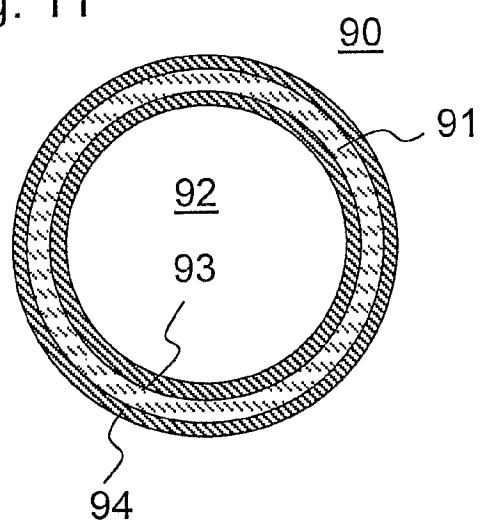


Fig. 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/004356

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L51/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 03/026356 A (NISSAN CHEMICAL INDUSTRIES, LTD; OOTSUKA, YOSHIKAZU; ABE, TOYOHICO; MO) 27 March 2003 (2003-03-27) figure 3	1-13, 15-40, 46
P, Y	-& EP 1 435 761 A (NISSAN CHEMICAL INDUSTRIES, LTD) 7 July 2004 (2004-07-07) paragraphs '0018!', '0022!', '0023!', '0025!; claim 4; figure 3	1-13, 15-40, 46
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 05, 12 May 2003 (2003-05-12) -& JP 2003 031374 A (SONY CORP), 31 January 2003 (2003-01-31) abstract; figure 3 ----- -/--	1-13, 15-40, 46

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 October 2005

Date of mailing of the international search report

20/10/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax. (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Faou, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/004356

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
X Y	WO 01/09647 A (HAALAND, PETER, D; MICKOY, B., VINCENT) 8 February 2001 (2001-02-08) page 2, lines 4-10,23-27 page 3, lines 22-33 - page 4, lines 1-3,9-11 pages 7,8 page 11, lines 23-37 - page 12, lines 1-17 page 18, lines 3-6 -----	41-44 1-13, 15-40,46
X	DATABASE WPI Section EI, Week 200457 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class U12, AN 2004-590992 XP002348123 -& TW 578 438 B (JUANG K) 1 March 2004 (2004-03-01) abstract -----	45
A	US 5 178 955 A (AHARONI ET AL) 12 January 1993 (1993-01-12) column 17, lines 17-24 -----	22,33-35
A	US 5 178 955 A (AHARONI ET AL) 12 January 1993 (1993-01-12) column 17, lines 17-24 -----	3-6
A	US 2003/077437 A1 (NAKAMURA KAZUHIRO ET AL) 24 April 2003 (2003-04-24) paragraphs '0002!, '0013!, '0055!, '0070!, '0106! - '0108!, '0113!; figure 3 -----	17,20, 21,29, 30,36
A	WO 02/37568 A (3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY) 10 May 2002 (2002-05-10) page 18, lines 5-16 page 9, lines 1-6 -----	23,24, 31,32
A	US 2004/051950 A1 (NOGUCHI TAKAFUMI) 18 March 2004 (2004-03-18) paragraphs '0004!, '0007!, '0008!, '0040!, '0041!, '0047!, '0095! -----	1-46

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/004356

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03026356	A	27-03-2003	CN 1633826 A EP 1435761 A1 TW 588564 B US 2004247875 A1	29-06-2005 07-07-2004 21-05-2004 09-12-2004
EP 1435761	A	07-07-2004	CN 1633826 A WO 03026356 A1 TW 588564 B US 2004247875 A1	29-06-2005 27-03-2003 21-05-2004 09-12-2004
JP 2003031374	A	31-01-2003	NONE	
WO 0109647	A	08-02-2001	AT 296456 T AU 781941 B2 AU 6609700 A BR 0013299 A CA 2380595 A1 CN 1372646 A DE 60020374 D1 EP 1203244 A1 JP 2003506735 T MX PA02001074 A	15-06-2005 23-06-2005 19-02-2001 02-04-2002 08-02-2001 02-10-2002 30-06-2005 08-05-2002 18-02-2003 14-10-2003
TW 578438	B	01-03-2004	NONE	
US 5178955	A	12-01-1993	NONE	
US 2003077437	A1	24-04-2003	NONE	
WO 0237568	A	10-05-2002	AU 4908501 A EP 1330844 A1 JP 2004513483 T US 2005007000 A1	15-05-2002 30-07-2003 30-04-2004 13-01-2005
US 2004051950	A1	18-03-2004	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/004356

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L51/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 03/026356 A (NISSAN CHEMICAL INDUSTRIES, LTD; OOTSUKA, YOSHIKAZU; ABE, TOYOHICO; MO) 27. März 2003 (2003-03-27) Abbildung 3	1-13, 15-40,46
P,Y	-& EP 1 435 761 A (NISSAN CHEMICAL INDUSTRIES, LTD) 7. Juli 2004 (2004-07-07) Absätze '0018!', '0022!', '0023!', '0025!; Anspruch 4; Abbildung 3	1-13, 15-40,46
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 05, 12. Mai 2003 (2003-05-12) -& JP 2003 031374 A (SONY CORP), 31. Januar 2003 (2003-01-31) Zusammenfassung; Abbildung 3 ----- -/--	1-13, 15-40,46

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Oktober 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/10/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Faou, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/004356

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	WO 01/09647 A (HAALAND, PETER, D; MICKOY, B., VINCENT) 8. Februar 2001 (2001-02-08) Seite 2, Zeilen 4-10,23-27 Seite 3, Zeilen 22-33 - Seite 4, Zeilen 1-3,9-11 Seiten 7,8 Seite 11, Zeilen 23-37 - Seite 12, Zeilen 1-17 Seite 18, Zeilen 3-6 -----	41-44 1-13, 15-40,46
X	DATABASE WPI Section EI, Week 200457 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class U12, AN 2004-590992 XP002348123 -& TW 578 438 B (JUANG K) 1. März 2004 (2004-03-01) Zusammenfassung -----	45
A	US 5 178 955 A (AHARONI ET AL) 12. Januar 1993 (1993-01-12) Spalte 17, Zeilen 17-24 -----	22,33-35
A	US 5 178 955 A (AHARONI ET AL) 12. Januar 1993 (1993-01-12) Spalte 17, Zeilen 17-24 -----	3-6
A	US 2003/077437 A1 (NAKAMURA KAZUHIRO ET AL) 24. April 2003 (2003-04-24) Absätze '0002!, '0013!, '0055!, '0070!, '0106! - '0108!, '0113!; Abbildung 3 -----	17,20, 21,29, 30,36
A	WO 02/37568 A (3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY) 10. Mai 2002 (2002-05-10) Seite 18, Zeilen 5-16 Seite 9, Zeilen 1-6 -----	23,24, 31,32
A	US 2004/051950 A1 (NOGUCHI TAKAFUMI) 18. März 2004 (2004-03-18) Absätze '0004!, '0007!, '0008!, '0040!, '0041!, '0047!, '0095! -----	1-46

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/004356

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 03026356 A	27-03-2003	CN 1633826 A EP 1435761 A1 TW 588564 B US 2004247875 A1	29-06-2005 07-07-2004 21-05-2004 09-12-2004
EP 1435761 A	07-07-2004	CN 1633826 A WO 03026356 A1 TW 588564 B US 2004247875 A1	29-06-2005 27-03-2003 21-05-2004 09-12-2004
JP 2003031374 A	31-01-2003	KEINE	
WO 0109647 A	08-02-2001	AT 296456 T AU 781941 B2 AU 6609700 A BR 0013299 A CA 2380595 A1 CN 1372646 A DE 60020374 D1 EP 1203244 A1 JP 2003506735 T MX PA02001074 A	15-06-2005 23-06-2005 19-02-2001 02-04-2002 08-02-2001 02-10-2002 30-06-2005 08-05-2002 18-02-2003 14-10-2003
TW 578438 B	01-03-2004	KEINE	
US 5178955 A	12-01-1993	KEINE	
US 2003077437 A1	24-04-2003	KEINE	
WO 0237568 A	10-05-2002	AU 4908501 A EP 1330844 A1 JP 2004513483 T US 2005007000 A1	15-05-2002 30-07-2003 30-04-2004 13-01-2005
US 2004051950 A1	18-03-2004	KEINE	